مجلة تاريخ العلوم العربية

معهد التراث العلمي العربي
جامعة حلب ـ سورية

مجلة تاريخ العلوم العربية

المجلد الثاني | العدد الأول | أيار ١٩٧٨

محتويات العدد

الابحـاث :

القسم الاجنبي

الابحـاث :



مجلة تاريخ العلوم العربية

تصدر مجلة تاريخ العلوم العربية عن معهد التراث العلمي العـربي مرتين كل عام (في فصلي الربيـع والخريف) . يرجى ارسال نسختين من كل بحث أو مقـال الى :
معهد التراث العلمي العربي ـ جامعة حلب .

توجه كافة المراسلات الخاصة بالاشتراكات والاعلانات والأمـور الادارية الى العنوان نفسه .

قيمة الاشتراك السنوي :

بالبريد العادي	٢٥ ليرة سورية أو ٦ دولارات أمريكية
بالبريد الجوي	٤٢ ليرة سورية أو ١٠ دولارات أمريكية

قيمة العدد الواحد :

بالبريد العادي	١٥ ليرة سورية أو ٤ دولارات أمريكية
بالبريد الجوي	٢٥ ليرة سورية أو ٦ دولارات أمريكية

مطبعة جامعة حلب

مقالة الحسن بن الحسن بن الهيثم
في كيفية الأرصاد

تحقيق الدكتور
عبد الحميد صبرة *

المقدمة :

لا يوجد ، فيما نعلم ، لمقال الحسن بن الحسن بن الهيثم في « كيفية الأرصاد » سوى نسخة وحيدة محفوظة بمكتبة بلدية الإسكندرية ، وهي التي ننشر نصها في الصفحات التالية . وكما سبق أن بينا في مقدمة نشرتنا لمقال ابن الهيثم في « الأثر الظاهر في وجه القمر » (هذه المجلة ، المجلد الأول ، العدد الأول ، أيار ١٩٧٧ ، ص ٥ — ٦) ، توجد مقالة « كيفية الأرصاد » في مجلد قائم بذاته رقمه ٣٦٨٨ ج ، وأوراقه مرقومة ٣١ — ٤٦ . وقد نبهنا في ذلك الموضع إلى أن المقالة كان يضمها مع مؤلفات أخرى لابن الهيثم مجلد واحد قبل الفصل بينها . والمقالة مذكورة في « القائمة الثالثة » التي أوردها ابن أبي أصيبعة لمصنفات ابن الهيثم ، وترتيبها في هذه القائمة الرابعة (أنظر مقالنا عن ابن الهيثم في *Dictionary of Scientific Biography* الجزء السادس ، نيويورك ، ١٩٧٢) ، وكذلك جاء ذكرها في « أخبار الحكماء » لابن القفطي (المصنف رقم ٣٤) — أنظر نشرة ليبرت ، ليبتسك ، ١٩٠٣ ، ص ١٦٨ . ولكننا لم نتمكن من تحديد ترتيب المقالة التاريخي بين أعمال ابن الهيثم الأخرى .

لا يرمي ابن الهيثم في هذه المقالة إلى حل مشكلة معينة أو إيضاح إبهام في مؤلف

* أستاذ تاريخ العلوم عند العرب في جامعة هارفارد

من المؤلفات أو التعرض بالنقد لرأي من الآراء . والمقالة إذن لا تعدل في أهميتها أعمال ابن الهيثم الفلكية الأخرى مثل « الشكوك على بطلميوس » أو « شرحه » الكبير على كتاب « المجسطي » (مخطوط مكتبة أحمد الثالث ، طوب قابو سراي ، رقم ٣٣٢٩ ، وتاريخه ٦٥٥ هجرية أو ١٢٥٧ ميلادية ، وعدد أوراقه ١٢٣) . ومع ذلك فالمقالة مدخل قيّم إلى الفلك البطلمي يتسم بالوضوح والترتيب والدقة رغم إعراض المؤلف عن المعالجة الرياضيّة التي نجدها في بعض مصنفاته الفلكية الأخرى . في هذا المدخل يشرح ابن الهيثم المفهومات الرئيسية للنظرية المأخوذ بها في عصره (وهي نظرية بطلميوس) بالإشارة إلى الأرصاد التي تستند إليها هذه المفهومات والتي وسيلتها الآلة المشهورة المعروفة بذات الحلَق . ولا شك أن المقالة موجهة إلى « المتعلمين » دون المتخصصين أو « المحققين » ، وقد كان من عادة المؤلفين في عصر ابن الهيثم (بما في ذلك كبارهم) أن يوجهوا كتاباتهم إلى هاتين الفئتين من الباحثين بما يناسب درجاتهم من التحصيل . والمقالة إذن ذات أهمية خاصة لما تلقيه من ضوء على مناهج الدراسة العلمية في العصر الوسيط ، فضلاً عن فائدتها في التعريف بأصول فلك بطلميوس .

اتبعنا في التحقيق نفس المنهج الذي اتبعناه في نشر مقالة « الأثر » ، فقسمنا النص إلى فقرات وأضفنا علامات الفصل والشكل (أحياناً) للإيضاح ، وكذلك أضفنا الهمزة وقد أهملها الناسخ إلا في مواضع قليلة نصصنا عليها في جهاز التحقيق ، وأعدنا ترتيب الورقتين رقم ٣٧ ورقم ٣٢ إلى موضعهما الصحيح .

ويسرنا أن نتوجه بالشكر لمكتبة بلدية الإسكندرية لإتاحتها لنا الحصول على صور مقالتي « الأثر » و « كيفية الأرصاد » ونخص بالشكر السيدة نادية زكي .

[٣١ ظ]

بسم الله الرحمن الرحيم

قول أبي علي الحسن بن الحسن بن الهيثم في كيفية الأرصاد

قال : لجملة العالم مع تغير أحواله نظام ، ولأنواع أجزائه مع اختلافها ائتلاف ، ولجزئيات أنواعه خواص ، تحار في جميع ذلك الأفكار ، وتضل فيها الأفهام ، وتكثر(١)

عند تأملها الحيرة ، وتعجز عن إدراكها الخبرة ، وخاصةً ما يرى من الأجرام العلوية والحركات السموية . والمسافة بعيدة ، والأسباب خفية ، والطريق وعر ، والمحالة(٢) ضعيفة ، والإنسان ناقص ، والكمال متعذر ، والنفوس مع ذلك تشتاق إلى معرفة الحقائق ، ونحن إلى البحث عن الأمور المشتبهة في الظاهر . ولأن ذلك كذلك انصرف كثير من الناس إلى الفكر في أمور العالم وتمييز أحواله وانقطعوا بخواطرهم إلى تفتيش خواص الموجودات . وكان الذي يكثر تعجبهم منه ويبعد في نفوسهم الوقوف على علته حركاتُ الكواكب والشمس والقمر واختلافُ أوضاعها عند موضع مفروض من الأرض . فإنهم وجدوا الشمس والقمر وجميع الكواكب تتحرك بجملتها من المشرق إلى المغرب أبداً ، وتنتقل كلها في كل يوم وليلة من أي موضع وجدت فيه إلى أن تعود إليه ، كذلك دائما لا تتغير ولا تختلف ، بل تطلع أبداً من جهة واحدة هي التي تسمى المشرق وتغرب في جهة واحدة وهي التي تسمى المغرب . فأداموا الفكر في ذلك واستقصوا النظر فيه وانتهوا منه إلى أن تفقدوا الكواكب وتأملوا كل واحد منها على انفراده ، فوجدوا فيها ما يطلع من نقطة واحدة أبداً من النقط التي في جهة المشرق ويغرب من نقطة واحدة أبداً من النقط التي في جهة المغرب . ووجدوا من هذه أيضا ما يلبث ظاهراً زماناً مثل الزمان الذي يلبث خفياً ، ومنها ما زمان ظهوره أعظم من زمان خفائه ، ومنها ما زمان ظهوره أقل من زمان خفائه . ووجدوا الذي يتساوى زمان ظهوره وخفائه من كل المواضع من الأرض إذا رُصد زمان ظهوره وزمان خفائه لا يلزم تلك النسبة في كل المواضع من الأرض ، بل الذي يكون زمان ظهوره أعظم من زمان خفائه في بعض المواضع يكون في مواضع أخَر بخلاف ذلك الحال . فمن المواضع ما يكون زمان ظهوره منها أعظم أيضاً من زمان خفائه إلا أنه على نسبة غير تلك النسبة ، ومن المواضع ما يكون زمان ظهوره فيها أقل من زمان خفائه ، وكذلك الحال في الذي زمان ظهوره أقل من زمان خفائه. ومن المواضع ما يوجد زمان ظهور جميع الكواكب

[٣٧ و]

فيها مساوياً لزمان خفائها .

ووجدوا من الكواكب ما يطلع من نقط مختلفة بالقياس إلى موضع واحد من الأرض ويكون مرة زمان ظهوره وخفائه متساويين ، ومرة مختلفين ، واختلافهما في كل يوم يتغير ، فتارة يزيد زمان ظهوره على زمان خفائه وفي كل يوم يزيد زيادة أكثر حتى ينتهي إلى حد ثم يتناقص ويرجع ولايزال كذلك إلى أن يتساوى الزمانان، ثم ينقص

زمان الظهور عن زمان الخفاء ويتزايد النقصان في كل يوم إلى أن ينتهي إلى حد ثم يعود في الزيادة — كذلك أبداً .

ووجدوا هذه الكواكب التي تختلف مواضع طلوعها وغروبها وأزمان ظهورها وخفائها تطلع مرة من نقطة ثم من نقطة دونها ثم من نقطة دونها حتى ينتهي أيضاً إلى غاية من الجهة الأخرى ، ثم تعود راجعة — كذلك أبداً تتردد في الطلوع بين نقطتين ، وكذلك في الغروب ، ولا تتجاوز أبدا تينك النقطتين بل تلازم نظاماً واحداً .

وتأملوا أيضاً أقطارها من المواضع المختلفة من السماء في الليلة الواحدة ، فوجدوا مقدار كل واحد منها لا يتغير ولا يختلف بل يرى من جميع نواحي السماء بمقدار واحد .

ثم تأملوا أوضاع الكواكب التي يطلع كل واحد منها من مطلع واحد ويغرب من مغرب واحد ، فوجدوا أوضاع بعضها عند بعض وضعاً واحداً لا يتغير ولا يتباعد بعضها عن بعض ولا يميل بجملتها إلى جهة غير الجهة التي تتحرك إليها .

ووجدوا أيضا من هذه الكواكب ما يكون أبداً ظاهراً بالقياس إلى الموضع الواحد من الأرض وهي تتحرك أيضاً مع حركة الكل ، إلا أنها تتحرك حركة مستديرة ولا تغرب، لكنها تكون تارة قريبة من وسط السماء وتارة بعيدة عنه . ثم أنعموا النظر في رصد هذه ، فوجدوها تتحرك على دوائر كل واحد منها يتحرك على دائرة واحدة لا ينتقل عنها ؛ لأنهم كانوا يقيسونها برأي العين إلى الموضع الثابت من السماء الذي يتحرك الكوكب حوله ، فيجدون أبعاد ما بين الكوكب الظاهر وبين الموضع الثابت في الأزمنة المتطاولة لا يتغير بل بعده منه بعد واحد في رأي العين .

وكانوا يجدون أيضاً أبعاد ما بين الكواكب الظاهرة لا يتغير ، لأن أبعاد ما بين الكواكب لا يجدونه يتغير .

ووجدوا هذه الدوائر بعضها أصغر من بعض : فمن الكواكب ما دائرته في غاية الصغر وهو أقربها من الموضع الثابت من السماء ، والذي يليه من الكواكب دائرته أعظم من ذلك والذي يلي ذلك دائرته أعظم أيضاً ، وكذلك أبداً إلى أن تنتهي(٣) إلى دائرة كأنها

[٣٧ ظ]

تماس الأرض ، ثم إلى دائرة كأن الأرض تقطعها .

وما زالوا يرصدون ذلك ويفكرون فيه على تطاول الأيام ، وتختلف ظنونهم في سببه وتتشعب آراؤهم (٤) في علة ذلك النظام والهيئة الحافظة له ، فكان الموضع الذي وجدوه للكواكب لا يتغير وضعها ولا يختلف أبعاد بعضها من بعض ، وهي مع ذلك تتحرك بكليتها وتنتقل من مواضعها وأوضاعها لا تختلف بل حافظة لنظام واحد ، ⟨فكان ذلك⟩ داعياً لهم إلى أن اعتقدوا أن هناك جسماً يشتمل على جميع الكواكب وهي فيه كالأجزاء منه ، وهو الذي يتحرك حركة واحدة ، فتحركُ الكواكب بحركته وتنقلُها بانتقاله ، فإن بذلك يتم أن يتحرك جميعها حركة واحدة ولا يتغير وضع بعضها من بعض . فاجتمعت آراؤهم(٥) ⟨على⟩ أن هناك جسماً مصمتاً متساوي الأجزاء يشتمل على جميع الكواكب . فصار كل ⟨من⟩ نظر بعد ذلك في العلوم الخفية وبحث عن أمر الأجرام السماوية ينظر في أقاويل من تقدمه في ذلك ، فيجد أقاويلهم أن المتحرك هو جسم مشتمل على الكواكب وإذا تأمل أدنى تأمل وجد الأمر كذلك ، فيصير نظره حينئذ فيما يلزم من بعد إذ كان ذلك متقرراً ، فصار الناظرون بعد ذلك يتصفحون أحوال الكواكب وحركاتها وأنواع تنقلها وأحوال الجسم المحرك لجميعها ، فانتهى بهم الفكر إلى شكل هذا الجسم وكيفية حركته ، فاختلفت ظنونهم أيضاً في شكل الجسم المحرك لجميع الكواكب وكيفية حركته. فأما حركته فإنهم لما رأوا الكواكب تطلع من ناحية المشرق وتغرب في ناحية المغرب ثم تعود فتطلع أيضا من ناحية المشرق وتغرب في المغرب ، كذلك أبداً ، صار ذلك مضطرا لهم إلى أن اعتقدوا أن حركة الجسم المحرك لجميع الكواكب حركة مستديرة . ولما وجدوا أيضاً كل واحد من الكواكب في حركته في اليوم الواحد متساوي المقادير في جميع المواضع التي يمر بها في حركته ، تقرر عندهم بذلك أن حركات الكواكب على دوائر حقيقية ، إذ كان الجسم الواحد إنما يرى في الموضع الواحد في المواضع المختلفة بمقادير متساوية ، إذ كانت أبعاد تلك المواضع المختلفة من الموضع الواحد متساوية ، والدوائر فقط هي التي يصح أن تكون أبعاد جميع النقط التي على محيطها من موضع واحد بعينه أبعادا متساوية ، فأما غيرها من الخطوط فليس يصح فيه ذلك ، ولا يصح أن تكون حركات الكواكب على خطوط غير الدوائر معما ظهر من تساوي مقاديرها .

ويلزم

[٣٣ و]

من ذلك ومما يظهر من الدوائر المتوازية التي تتحرك عليها الكواكب الظاهرة أن يكون

الجسم المحرك للكواكب يتحرك حركة مستديرة على قطبين ثابتين ، إذ كانت حركة الجسم على هذه الصفة فقط يمكن أن تتحرك النقط التي فيه على دوائر صحيحة متوازية.

وأما شكله فإنهم لما وجدوا الدوائر التي تتحرك عليها الكواكب متوازية وآخرها في غاية الصغر والتي تليها أعظم منها والتي تلي تلك أعظم ، وكلما بعدت الدائرة عن أصغر الدوائر كانت أعظم إلى أن تنتهي إلى دائرة هي أعظم ، والتي تلي تلك الدائرة من الجهة الأخرى أصغر منها ثم تتصاغر أيضا الدوائر المتوازية في الجهة الأخرى ، واعتبروا أيضاً مقادير الكواكب الثابتة والشمس والقمر من جميع نواحي الأرض في الأوقات المتشابهة من الزمان فوجدوا مقاديرها لا تتغير ، واعتمدوا أيضا اعتبار مقدار الشمس في جميع نواحي الأرض إذ كانت على دائرة واحدة بعينها وفي مبدأ طلوعها وتوسطها السماء وغروبها فوجدوا مقدارها لا يختلف ، وتأملوها من موضع واحد من الأرض في غاية بعدها عن سمت الرأس وغاية قربها منه فوجدوا مقدارها لا يختلف ، فنظروا في خواص الأشكال وأيها هو الذي يمكن أن تعرض فيه هذه الأعراض إذا كان متحركاً حركة مستديرة على قطبين ثابتين ، ففرضوا كل شكل من أشكال المجسم ونظروا في خواصه وخواص حركته فلم يجدوا شكلاً تلزمه هذه الخواص وتلزم حركته هذه الأعراض غير شكل الكرة إذا(٦) كان الناظرون إليها أيضاً في وسطها ، فكان ذلك داعياً لهم إلى أن اعتقدوا أن الجسم المتحرك المحرك لجميع الكواكب شكله شكل كرة وحركته على قطبين ومحورها ثابت وأن الأرض ومن عليها في وسطه ، واستقر ذلك عندهم وصار متعارفاً فيما بينهم .

وصار الناظرون في علم الهيئة من بعد ذلك يفرضون هذا الشكل وهذه الحركة ثم ينظرون في أحوال الكواكب وفي هيئة ما دون هذا الجسم من أجزاء العالم ، وصار ما تقرر عندهم من ذلك داعياً لهم أيضاً إلى البحث عن أشكال جميع أجزاء هذا العالم وهيئات حركات ما يتحرك منها ، وتطرّق بذلك لهم النظر في غيره وأعانهم على ما سواه ، فنظروا من بعد ذلك في حركات الكواكب المختلفة الطلوع وفي أوضاعها من الكواكب الثابتة التي لا تتغير أوضاعها ، فوجدوا كل واحد من الكواكب المختلفة الطلوع — وهي الكواكب السريعة الحركة —

[٣٣ ظ]

يقارن كوكباً من الكواكب الثابتة ويكون بينه وبينه بعد يسير ، ثم يصير البعد الذي

بينهما أكثر من ذلك ، ويكون ذلك البعد إلى ما يلي المشرق ، ثم يتزايد البعد حتى يقارن غيره من الكواكب الثابتة ، ثم غير ذلك أبداً إلى أن يعود إلى مقارنة الكوكب الأول . فتبين من ذلك أن لهذه الكواكب حركة تخصها وأنها من جهة المغرب إلى المشرق أبداً على نظام واحد ولكن على دوائر مختلفة . فتبين لهم من هذه الأحوال أن جميع الحركات التي تكون للأجرام العلوية على نوعين ، أحدهما من المشرق إلى المغرب وهي حركة الكل ، والآخر من المغرب إلى المشرق وهي حركة الكواكب السبعة .

ثم تأملوا من بعد ذلك جزءاً من الأرض وهيئة شكلها فتبين لهم من الأعراض التي تكون لطلوع الشمس والقمر على بسيط الأرض وكسوفات القمر التي ترى في المواضع المختلفة من الأرض في أزمان مختلفة ، أعني بطلوع الشمس والقمر على وجه الأرض أنهما يطلعان على المواضع التي تلي المشرق من قبل طلوعها على المواضع التي تلي المغرب ، وعلم ذلك يكون من كسوفات القمر وذلك أن القمر في الوقت الذي ينكسف ‹فيه› إذا ظهر في الموضع القريب من المشرق على خمس ساعات من الليل — على طريق المثال — فإن ذلك الكسوف يظهر في الموضع القريب من المغرب على أقل من خمس ساعات ، فدل ذلك على أنه يطلع على الموضع الذي يلي المشرق قبل طلوعه على الموضع الذي يلي المغرب ، وأن غروب الشمس على الموضع الذي يلي المشرق قبل غروبها عن الموضع الذي يلي المغرب ؛ وكلا الأمرين يدل على أن سطح الأرض مستدير . واعتبروا حالها بالقياس إلى الكواكب الثابتة ، وكانوا يتوجهون إلى جهة الكواكب الدائمة الظهور — وهي جهة الشمال — فكانت تظهر لهم كواكب أُخَر تصير أبداً ظاهرة وقد كانت قبل ذلك طالعة غاربة ، وإذا توجهوا إلى جهة الجنوب كانت تظهر لهم كواكب أيضاً لم تكن تظهر ، وإذا أمعنوا في السير إلى جهة الجنوب صار القطبان جميعاً كأنهما على سطح الأرض ، وإذا تجاوزوا ذلك الموضع إلى جهة الجنوب ظهر القطب الجنوبي وخفي القطب الشمالي . فلما تبين[٧] لهم ذلك ، وكانت هذه الأعراض لاتعرض إلا في شكل الكرة، تيقنوا أيضاً أن شكل الأرض شكل كري . وتبين أيضا في تضاعيف ذلك أن الأرض ليس لها قدر محسوس عند كرة الكواكب الثابتة ، لأنه كان يظهر لهم قدر الكوكب الواحد في الموضع الواحد من الأرض في المواضع

[٣٤ و]

المختلفة من السماء بقدر واحد ، فظهر بهذا أن مقدار أبعاد ما بين المواضع من السماء وبين الموضع الواحد من الأرض لا يؤثر ، هذا بالإضافة إلى بعد الكواكب ، فليس لجرم الأرض قدر عند كرة الكواكب الثابتة . فحصل لهم من جميع هــذه الاعتبارات والأرصاد أن شكل العالم بكليته شكل كري ، وأن حركته حركة كرية على قطبين[٨] ثابتين ، وأن الأرض في وسطه ، وأنها أيضا كرية ، وأنه لا قدر لها عند الجسم المحيط بالعالم ، وأن جميع الحركات التي للأجرام العلوية نوعان هما الذي من المشرق إلى المغرب والذي من المغرب إلى المشرق .

ثم صاروا من بعد ذلك إلى تمييز حركات الكواكب التي تخصها واستخراج أوضاع الدوائر التي تتحرك عليها وأبعاد بعضها من بعض ومقادير أزمان اجتيازها عليها ، فلم يكن لهم إلى إدراك ذلك سبيل بالمشاهدة فقط ، ولا كان يحصل[٩] لهم مواضعها بعد أن تفارق المواضع ولا متى تعود[١٠] إلى ذلك الموضع ، ولا كانوا يتحققون الخط الذي على الكواكب بحركته الخاصة وهل هو محيط دائرة على الحقيقة أو غير ذلك من الخطوط المستديرة أو هل حركته واحدة أو حركات كثيرة . ففكروا في طريق يضبطون به ذلك ويحصرونه فانتهى بهم الفكر إلى أن يضعوا آلات يعتمدون أن يسامتوا بها موضع الكوكب وقتاً بعــد وقت ويأخــذوا من المسامتة نقطاً ويعتبرون تلك النقطــة على أي خط هي وعلى أي وضع هو ذلك الخط . ولأنه قد استقر في نفوسهم أن شكل السماء شكل كري وأن الكواكب تتحرك على دوائر بحسب ما يشاهدونه بالحس تقرر في أفكارهم أن يجعلوا الآلات على شكل الدوائر والأكر . ولأنه قد استقر أيضاً عندهم أن الأرض لا قدر لها عند السماء علموا أنهم إذا اتخذوا الآلات كرية أو مستديرة ونصبوها على وجه الأرض لم يكن بين مراكزها وبين مركز العالم فرق بالإضافة إلى الأبعاد التي بين الأرض وبين الكواكب . فتبين من ذلك أن الآلات الكرية التي تكون على وجه الأرض هي موازية لكرة السماء وأن الدوائر التي فيها موازية للدوائر التي تكون في السماء وكل قوس منها شبيهة بالقوس المسامتة[١١] لها من السماء ، وكذلك كل دائرة تكون قائمة على سطح الأرض فهي مسامتة لدائرة تكون في السماء لأن مركزيهما نقطة واحدة وهي مركز الدائرة التي في الآلة ، فبنوا الأمر من أجل ذلك على اتخاذ دوائر

[٣٤ ظ]

وأكر يرصـــدون بها حركات الكواكب وطرقها التي تجتاز عليها وأوضاع دوائرها وكمية أزمان دوراتها .

وكان مما اتخذوه الآلة التي تسمى ذات الحلق(١٢) وهي آلة كرية ذات دوائر متقاطعة ومحور وقطبين . ثم فكروا في أن ينصبوها نُصبة شبيهة بنصبة العالم في الموضع الذي ينصب فيه الآلة ، فاحتاجوا أن يجعلوا محور الآلة مطابقا لمحور العالم على التحقيق وقطبيها مسامتين لقطبي العالم . فدعاهم ذلك إلى النظر في خواص الأشكال وما يلزم من كل واحد منها من كيفية أوضاعها عند اختلاف حركاتها . فقادهم ذلك إلى الارتياض بالعلوم الهندسية ومداومة النظر فيها وما يلزم الكرة وخاصة إذا كانت متحركة . فأنتج لهم النظر أن كل دائرة في كرة عليها نقطتان متقابلتان ويخرج سطح من مركز الكرة يمر بالنقطتين فإن ذلك السطح يمر بقطب الدائرة أعني النقطة التي في سطح الكرة التي أبعادها من محيط الدائرة متساوية ، وأن قطب كل دائرة تحدث(١٣) من حركة الكرة هو قطب الكرة . فتبين لهم من ذلك أنهم إذا رصدوا كوكباً من الكواكب الدائمة الظهور حتى يجدوه على نقطتين متقابلتين من محيط الدائرة التي تتحرك عليها ، ثم أقاموا سطحاً يمر بتينك النقطتين ، كان ذلك السطح ماراً بقطب العالم . وإذا كان ذلك السطح مستديراً كان مركزه مركز العالم ومحيطه مسامتاً لبسيط كرة العالم . فاعتمدوا رصـــد كوكب من الكواكب الدائمة الظهور على نقطتين متقابلتين ، وكان أظهر النقط المتقابلة فيها هما اللذان يظهر الكوكب على إحداهما أقرب ما يكون من الأرض والأخرى التي يظهر عليها أبعد ما يكون من الأرض .

ثم نظروا نظراً هندسياً في خاصة الكرة إذا كان الناظر إليها في وسطها وقائماً على سطح كرة أخرى أيضا ، فتبين لهم أنه يلزم أن يكون الذي يُرى من الكرة من الجهة اليمنى عن سمت الرأس مثل الذي يرى من الكرة من الجهة اليسرى إذا كان الذي فيها ناظراً إلى القطب ، وأن الكوكب إذا كان في أبعد بعده من الأرض كانت أبعاده من النقط التي في الجهة اليمنى للناظر إليه مساوية لأبعاده من النقط النظائر لها من الجهة اليسرى ، وكذلك إذا كان في قربه الأقرب . ووجدوا ما يدرك بالحس من ذلك مطابقاً لما يلزم بالنظر البرهاني ، فتبين من ذلك أن السطح الذي يمر بسطح الرأس وبالنقطتين

[٣٥ و]

المتقابلتين المذكورتين هو قائم على سطح الأرض قياماً لا ميل فيه ، وهذا السطح يفصل السطح الذي هو قائم عليه على خط مستقيم . فجعلوا يطلبون ذلك الخط المستقيم ليقيموا عليه السطح قياماً معتدلاً (١٤) فيكون ماراً بقطب العالم . ففكروا أيضاً فيما يلزم هذا السطح الظاهر إذا كان يمر بالقطب ويقطع دائرة الكوكب الظاهر على نقطتين متقابلتين . فوجدوا ما يلزم الدائرةَ الظاهرة بالقياس إلى هذا السطح ليس هو شيئاً يخص دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية ، بل حالُ كل الدوائر المتوازية عنده حال واحدة لأنه يمر بقطبي العالم اللذين هما قطبا الدوائر المتوازية التي تتحرك عليها الكواكب بمحور العالم ، وذلك أنه يمر بالمركز والقطبين فالمحور مطابق له ، ولأنه قائم قياماً لا ميل فيه فهو يفصل ما يظهر من السماء بقسمين متساويين ، فيلزم من ذلك أن يكون هذا السطح يقسم الدوائر المتوازية التي تتحرك عليها الشمس بنصفين ويقسم ما يظهر منها بقسمين متساويين . فتبين من ذلك أن الزمان الذي من وقت طلوع الشمس إلى أن يصير على هذا السطح مساو للزمان الذي من هذا السطح إلى وقت غروب الشمس بالقياس إلى الحس ، وأن شعاع الشمس الذي يخرج في هذا الوقت — أعني انتصاف النهار — إلى الموضع الذي نحن(١٥) فيه هو في ذلك السطح ، وأن الظل الذي يكون للأشخاص في ذلك الوقت هو أيضاً في ذلك السطح . فجعلوا يطلبون الظل في الوقت الذي تكون الشمس فيه على ذلك السطح ، إذ قد تبين أن الظل في ذلك الوقت هو على الخط الذي يلتمسونه . ولأنه قد تبين أن القوس التي تتحرك عليها الشمس من أول النهار إلى آخره ينقسم بذلك السطح بنصفين يكون البعد الذي من موضع الشمس الذي على هذا السطح إلى موضعي طلوعها وغروبها متساويين . ولأن السطح القائم قياماً لا ميل فيه يكون الخط الذي يصل بين موضع الطلوع وبين موضع الغروب يقسم الخط الذي عليه السطح القائم بنصفين على زوايا قائمة ، ولأن موضع الناظر هو مركز الكرة ، يكون الخطان اللذان يخرجان من موضع الناظر إلى موضعي الطلوع والغروب متساويين والزاويتان(١٦) أيضاً اللتان بينهما وبين الخط الذي عليه

[٣٥ ظ]

السطح القائم متساويين . فجعلوا يلتمسون مسامتة الشمس في وقت الطلوع والغروب بأظلال الأشخاص فإنه يحدث بذلك خطوط مستقيمة هي خطوط الظل .

ثم تبين لهم أيضاً من ذلك أن أظلال الأشخاص في الأزمان المتساوية البعد عن السطح

القائم – أيّ الأزمان كانت – تكون متساوية ، فتكون الزوايا التي بينها وبين الظل الذي من السطح القائم متساوية . فلزم من ذلك أن الأظلال المتساوية تكون في الأزمان التي بعدها من ذلك السطح القائم بعد واحد ، وأن الخط الذي في ذلك السطح القائم يقسم الزاوية التي بين الظلين المتساويين بنصفين . فجعلوا يلتمسون في اليوم الواحد ظلين متساويين لشخص(١٧) واحد ويقسمون الزاوية التي بينهما بنصفين ، فيكون ذلك الخط هو الخط الذي في السطح القائم . فإذا أقاموا عليه سطحاً قياماً لا ميل فيه كان ماراً بالقطبين وسمت الرأس ، فسموا هذا الخط خط نصف النهار والسطحَ القائم عليه سطح نصف النهار والدائرةَ المسامتة له من كرة السماء دائرة نصف النهار . واعتمدوا في جميع الأرصاد أن يستخرجوا خط نصف النهار بهذا الطريق ويقيموا عليه دائرة قياماً لا ميل فيه ويسمونها دائرة نصف النهار ثم يرتبون بعد ذلك ما يحتاجون إليه في الرصد بعد أن تكون لهم هذه الدائرة موجودة .

فأما ذات الحلق فإنهم نصبوها نصباً جعلوا دائرة من دوائرها مقام دائرة نصف النهار فصارت جميع الحلَق موازية لكرة العالم . ثم جعلوا يلتمسون منها النقطتين المسامتتين للقطبين ، فرصدوا كوكباً من الكواكب الثابتة الدائمة الظهور حتى صار في سطح هذه الدائرة . ورصدهم له كان بأن ينظروا إليه بوضع يكون شعاع أبصارهم ماراً بسطح هذه الدائرة وبمركزها أيضاً ليكون الخط الذي يخرج من مركز هذه الدائرة وفي سطحها ينتهي إلى الكوكب . وذلك يكون بعِضادة كعضادة الأسطرلاب تدور(١٨) حول مركز الدائرة ، ويُنظر في أحد ثقبي الهدفين فيرى الكوكب من الثقب الآخر . فرصدوا كوكباً من الكواكب الدائمة الظهور على هذه الصفة حتى رأوه في الذروة من بعده الأقرب على سطح هذه الدائرة دفعتين ، فتعلموا على النقطتين من هذه الدائرة المسامتتين لموضعي الكوكب، وذلك يتحصل بموري

[٣٦ و]

العضادة في الوقت الذي يرى فيه الكوكب من الثقبين . فحصل لهم بذلك القوس المسامتة للقوس التي تفصل دائرة الكوكب وتمر بقطب العالم . ولأن قطب العالم في وسط هذه القوس يكون وسط القوس من دائرة الآلة مسامتاً لقطب العالم . فقسموا القوس التي وجدوها من الآلة بنصفين ، فحصلت لهم النقطة المسامتة لقطب العالم . ووجدوا النقطة المقابلة لها ، فصارت مسامتة للقطب الآخر ، وصار الخط الذي يصل بينهما مطابقاً لمحور العالم . فركبوا الآلة التي هي ذات الحلق تركيباً يمكن أن يتحرك جميع ذات الحلق

التي بجملتها سوى هذه الدائرة القائمة حركة مستديرة حول تينك النقطتين ، فصارت ذات الحلق في وضعها وحركتها على هيئة العالم في وضعه وحركته وموازية لها ومسامتة بكل نقطة منها نقطة منه . فجعلوا يرصدون بها جميع الكواكب .

أما الكواكب الثابتة فكانوا يرصدونها بأن كانوا يركبون حلقة من تلك الحلَق ويثبتونها في القطبين اللذين هما مسامتان لقطبي العالم ويديرونها حول ذينك القطبين فتكون حركتها شبيهة بحركة العالم . ثم يراعون كوكباً من الكواكب الثابتة عند طلوعه فيديرون تلك الحلقة ويضعون أبصارهم مع سطحها وينظرون إليه من مركز الدائرة فيتعلمون على النقطة المسامتة له من محيط الحلقة . ثم يحركونها تحريكاً مساوياً(19) لحركة الكوكب ويفعلون ذلك دائماً إلى أن يصير الكوكب إلى المغرب . ثم يراعونه في الليلة الثانية عند طلوعه ويديرون الحلقة إلى أن تصير النقطة التي كانوا تعلموها من قبل إلى ناحيته وينظرون إليه على الهيئة التي ذكرناها ، فكانوا يجدونه مسامتاً لتلك النقطة بعينها من الحلقة . ولم يزالوا كذلك يرصدون واحداً واحداً من الكواكب الثابتة على انفراده ويراعونه أياماً كثيرة فلا يجدونه ينتقل عن مسامتة تلك النقطة ولا يتغير وضعه منها ، ويتحرك أيضا على دائرة حقيقية ، إذ كانوا يجدونه في دورانه من المشرق إلى المغرب مسامتاً لتلك النقطة بعينها من الحلقة وفي سطح تلك الحلقة ، وتلك النقطة من الحلقة ترسم الحركة المستديرة دائرة حقيقية . وكانوا يجدون بذلك أوضاع جميع الكواكب التي لا تختلف(20) أوضاع بعضها من بعض ولا أبعادُها من القطب تختلف(21) . ويتبين

[٣٦ ظ]

بذلك أيضاً أن هيئة الجسم المحيط وحركته وقطبيه لا يتغير . فتحققوا بذلك أن الجسم المحرك للكواكب جسم كري وحركته كرية على قطبين ثابتين ، وأن الكواكب الثابتة لا تختلف أوضاعها ، وأن كل واحد منها لا يفارق موضعه ولا ينتقل عنه بذاته ، وأنها تتحرك على دوائر حقيقية متوازية أقطابها قطب العالم .

فأما الكواكب المتحيرة فإنهم كانوا إذا رصدوها على هذه الهيئة لا يجدونها تلزم نقطة واحدة ولا تتحرك على دائرة واحدة ، بل تتحرك كل يوم على دائرة وتقرب كل يوم من أحد القطبين ، ولا يزال كذلك إلى أن تنتهي إلى غاية ثم تعود راجعة — كذلك دائماً . فاعتمدوا في أول الأمر على رصد الشمس إذ كانت أظهر حالاً وأمكن في الرصد .

فرصدوها عند انتهائها إلى دائرة نصف النهار . بل لم يقنعوا بذلك حتى اتخذوا آلات أخر نصبوها في سطح دائرة نصف النهار ليراعوا بها النقط المسامتة للشمس وقت حصولها على هذه الهيئة . فمن الآلات التي اتخذوها الحلقة القائمة على العمود ، وهي دائرة مقسومة بثلثمائة وستين جزءاً(٢٢) منصوبة في سطح دائرة نصف النهار قائمة على عمود ثابت ، وفيها هدفان على طرفي قطبين من أقطابها يدوران حول الحلقة ، وأقاموا ذلك مقام الدائرة الثابتة من ذات الحلق .

ومن الآلات أيضاً الربع ، وهو ربع دائرة نصبوه أيضا في سطح دائرة نصف النهار – كل ذلك ليعرفوا موضع الشمس من دائرة نصف النهار وغاية ميلها وبعدها من القطب استدلوا(٢٣) به على حركتها وصورة المجاز الذي تجتاز عليه .

فمكثوا يرصدون الشمس بجميع هذه الآلات ويتعلمون على النقط المسامتة لها من الآلة إلى أن بلغت إلى غاية قربها من القطب الشمالي وتعلموا على هذه النقطة ، ثم رصدوها راجعة إلى أن بلغت إلى غاية بعدها من القطب الشمالي وتعلموا على هذه النقطة أيضاً ، وسموا القوس التي بين هاتين النقطتين ميل الشمس . ثم رصدوها من بعد ذلك حتى انتهت أيضاً إلى النقطة الأولى ولم يتجاوزوها حتى عادت راجعة . ولم يزالوا يرصدون ذلك مرة بعد مرة من السنين ، فيجدون الشمس في كل سنة تنتهي إلى كل واحدة من النقطتين ولا تتجاوزها(٢٤) وتعود راجعة ، حتى تقرر في نفوسهم أن لحركة الشمس نظاماً وأنها لازمة له . وكانوا أيضا يرصدونها بالآلة الأولى ، أعني

[٣٢ و]

ذات الحلق ، ويجدونها في كل يوم تتحرك على دائرة من الدوائر المتوازية التي قطباها قطبا العالم بالقياس إلى الحس ، ويجدون الدائرتين المتوازيتين اللتين تمران(٢٥) بالقطبين – اللتين هما غايتا ميل الشمس – متساويتين لأنهما كانتا متساويتي البعد من قطبي العالم، فلزم من ذلك أن يكون بعدهما من الدائرة الوسطى من الدوائر المتوازية – أعني أعظمها – بعداً متساوياً .

فجعلوا يفكرون في النظام الذي تتبعه هذه الأعراض، فعدلوا إلى النظر الهندسي في خواص الكرة مع ما غلب في نفوسهم من أن كل واحد من الكوكب يتحرك بحركته

الخاصة على محيط دائرة . فراموا أن يطابقوا بين ما ظهر من حركة الشمس وبين خواص الكرة المتحركة ليتبين إذا وافق خواص الكرة الأعراض الظاهرة مع فرضهم أن حركة الكواكب على محيط دائرة أن الأمر كما فرض واستقر(٢٦) ذلك في نفوسهم أو يتبينَ خلافُ ذلك فينصرفوا عما كانوا يعتقدونه إلى الفكر في غيره . فتبين من خواص الكرة أن كل دائرتين متوازيتين متساويتين فإن الدائرة العظيمة التي تماس إحداهما فهي تماس الأخرى على النقطة المقابلة ، وأن كل نقطة على محيط هذه الدائرة العظيمة تتحرك بتحرك الكرة على دائرة من الدوائر المتوازية ، وأن النقطة المتحركة على محيط هذه الدائرة العظيمة تجتاز في كل يوم على نقطة من محيط دائرة نصف النهار وتنتهي في حركتها على محيط الدائرة العظيمة من الجهتين إلى نقطتَي التماس ، وإذا كانت في كل واحدة من نقطتَي التماس تحركت على كل واحدة من الدائرتين المتوازيتين المتساويتين ثم لا تتجاوزها .

ولزم من ذلك أيضاً أن تكون النقطتان اللتان تجتاز بهما تلك النقطة المتحركة بعدُهما من الدائرة الوسطى العظيمة بعداً متساوياً . فقوي في نفوسهم بذلك أن حركة الشمس إنما هي على محيط دائرة عظيمة مائلة عن الدائرة الوسطى من الدوائر المتوازية . فأحبوا أن يزدادوا يقيناً ، فنصبوا الآلة التي هي ذات الحلق نصباً على هذه الهيئة وجعلوا منها دائرة مائلة عن الدائرة الوسطى من الدوائر المتوازية وهي التي بعدها من القطب ربع دائرة ، وجعلوا مقدار الليل بمقدار نصف القوس التي بين تينك النقطتين وهما غايتا ميل الشمس في الجهتين ، ثم اتخذوا دائرة أخرى مارة بالقطبين مقاطعة للدائرة المائلة على نقطتَي التماس وألصقوها بها إلصاقاً

[٣٢ ظ]

ملتحماً ، وجعلوها تدور على القطبين حتى إذا تحركت تحرك معها جميع الدائرة المائلة بكليتها حركة تابعة لحركتها ، ثم حركوا الحلقة المارة بالقطبين فتحركت معها الحلقة المائلة ، ولم يزالوا يطلبون بها مسامتة الشمس إلى أن وجدوا الدائرة المائلة قد أظلت نفسها ، فتبين حينئذ أن الشمس في سطح تلك الدائرة .

واتخذوا أيضا عضادة على قطر يدور على مركز الدائرة المائلة وفي سطحها ، واتخذوا عليها هدفين ذوي ثقبين متقابلين وموريين دقيقين يدوران على محيط(٢٧) الدائرة المائلة وحول مركزها ، وحركوا هذه العضادة حتى نفذ شعاع الشمس من ثقب الهدف

الأعلى إلى الثقب المقابل له ، وصار الخط الخارج من هذين الثقبين ينتهي إلى جرم الشمس وهو في سطح الدائرة المائلة ، وصار طرف الموري يمر بنقطة من محيط الحلقة الدائرة المائلة ، فصارت تلك النقطة هي المسامتة للشمس لأنها على الخط المستقيم الذي يمر بالشمس وفي السطح الذي فيه الشمس .

واتخذوا أيضا حلقة أخرى تمر بقطبي العالم وتدور حوله وتقاطع الحلقة الدائرة المائلة ، وأداروها في هذه الحال حتى سامتوا بها الشمس وأظلت نفسها أيضاً وقطعت الدائرة الحلقة المائلة على النقطة المسامتة للشمس ، ثم رصدوا حركة الشمس فكانت كلما انتقلت حركوا الدائرة الأولى المارة بالقطبين حتى تتحرك معها الدائرة الأخيرة حركة مساوية لحركة الشمس وتصير الحلقة المائلة مسامتة لجرم الشمس وهو أن تظل نفسها .

وكانوا يفعلون ذلك في كل يوم فلا يجدون الشمس تخرج عن سطح الدائرة المائلة ، إلا أنهم كانوا إذا جعلوا العضادة مسامتة للشمس في أول النهار حتى ينفذ الشعاع في الثقبين ثم حركوا الدوائر حول القطبين حركة تابعة لحركة الشمس من أول النهار إلى آخره ، خاصة في أطول ما يكون النهار ، فإنهم كانوا يجدون الشمس أبداً في سطح الدائرة المائلة . وذلك أنهم كانوا يرون الدائرة المائلة أبداً مظلة لنفسها ، ولكنهم كانوا يجدون الشعاع النافذ في الثقبين زائلاً عن موضعه خارجاً من الثقب الأعلى وغير نافذ في الثقب الآخر ، وكانوا يجدون أيضاً ظل الدائرة المارة بالقطبين وموضع الشمس زائلاً أيضاً ، وكانوا إذا حركوا الحلقة إلى ناحية المشرق وحركوا العضادة أيضا إلى ناحية المشرق يجدون الشعاع الخارج من الثقب الأعلى ينفذ في الثقب الآخر ويجدون الحلقة المارة بالقطبين

[٣٨ و]

أيضاً قد عادت إلى مسامتة الشمس وأظلت نفسها . فتبين لهم من ذلك أن الشمس أبداً في سطح الدائرة المائلة وأنها أيضاً تتحرك على محيط هذه الدائرة من جهة المغرب إلى جهة المشرق، فتحققوا بذلك أن حركة الشمس أيضاً حركة كرية وعلى محيط دائرة عظيمة ومن جهة المغرب إلى المشرق وعلى قطبين غير قطبي العالم لأن هذه الدائرة مائلة على محور العالم .

ثم جعلوا يرصدون حركتها من بعد ذلك في أرباع دائرتها ليتبين لهم وضع هذه الدائرة من الكرة الأولى أعني المشتملة على الكواكب الثابتة، فوجدوا الشمس تقطع أرباع

هذه الدائرة في أزمنة مختلفة . فتبين لهم من ذلك ولما هو أشبه وأولى ، وهو أن حركتها متساوية ، أن لها دائرة مركزها غير مركز العالم هي التي يتحرك على محيطها مركز الشمس حركة متساوية ، وليس محيطها في سطح الكرة الأولى ولا موازية لها ولكن سطحها إذا توهم قاطعاً للكرة الأولى أحدث فيها دائرة مركزها غير مركز العالم ، فلذلك تكون الشمس أبداً مسامتة لهذه الدائرة ولا تقطع أرباعها في أزمنة متساوية .

ولما وجدوا للشمس أيضاً حركتين متضادتين تبين لهم أن المحرك لها هـو جسمان ، لأن الجسم الواحد لا يتحرك بذاته حركتين متضادتين ولأن الذي يشتمل عليها هو جسم لا ينفعل فلا يمكن أن تتحرك بذاتها فتخرق(٢٨) الجسم الذي هي فيه ، فالحركة التي تخصها أيضاً هي بجسم يحركها حركة مستديرة . ولا يجوز أن تكون غير الكرة لأن غير الكرة — أعني الأجسام المضلّعة(٢٩) — تحتاج إلى مكان أكثر مـن مكانه(٣٠) فيحتاج أن يخرق(٣١) أيضاً الجسم الذي يحيط به أو يكون هناك مكان خال . وكان اعتقادهم أن هذين مما لا يمكن فتقرر في نفوسهم أن للشمس كرة خارجة المركز متحركة على قطبين ثابتين غير قطبي العالم ، وأن الدائرة التي يتحرك على محيطها مركز الشمس هي في هذه الكرة ، وسموا هذه الدائرة الفلك الخارج المركز ، وسموا الدائرة العظمى التي في الفلك الأولى التي تسامتها هذه الدائرة منطقة البروج ، لأنهم قسموا الكرة الأولى باثني عشر قسماً سموها بروجاً ليكون لهم علامات ومباديء يرجعون إليها . وسنبين كيف فعلوا ذلك في موضعه .

وتبين لهم أيضاً بخروج مركز كرة الشمس أن الشمس تبعد من الأرض تارة وتقرب أخرى وسموا أبعد بعدها الأوج وأقرب قربها الحضيض ، وسموا أيضاً نقطتي التقاطع بين دائرتيها العظمى — التي هي منطقة البروج —

[٣٨ ظ]

وبين الدائرة الوسطى من الدوائر المتوازية نقطتي الاعتدال لأنهم كانوا يجدون الشمس إذا انتهت اليهما اعتدل النهار ، وسموا الدائرة العظيمة من الدوائر المتوازية دائرة معدّل النهار . وسموا أيضاً كل واحد من السطوح الخارجة من نواحي الأرض أفقاً لذلك الموضع من الأرض . وسموا النقطتين من الدائرة المائلة اللتين تماسـان الدائرتين المتساويتين اللتين تتحرك عليهما الشمس في غاية ميلها — وفيما بينهما أيضاً يكون القوس التي سموها الميل — نقطتي الانقلابين .

ثم لما استقر عندهم حال الشمس وهيئة حركتها وتيقنوا ذلك أحبوا أيضاً أن يعلموا حال سائر الكواكب وهيئات حركاتها ، فجعلوا يرصدون كل واحد من الكواكب المتحيرة

بالآلة المسماة ذات الحلق . وذلك أنهم كانوا يرصدونها بأوضاعها مرة من الكواكب الثابتة وبأوضاعها أيضاً من دائرة البروج التي رسمتها الشمس،وكانوا يديرون حلقة من الحلق التي تدور على قطبي العالم حتى يصير الكوكب في سطحها ثم يحركون الحلقة بحسب حركة الكوكب ويراعونه إلى أن يصير كوكب من الكواكب الثابتة أيضاً في سطح تلك الدائرة ، فكانوا يتعلمون على طرفي القوس التي بين الكوكبين ، ثم يراعونه أيضاً حتى يصير مع كوكب آخر قريباً(٣٢) من الكوكب الأول على سطح الحلقة أقرب ما يوجد من الكواكب إلى الكوكب الأول ، ثم يتعلمون على طرفي القوس التي بين الكوكبين أيضاً ، فيحصل لهم ثلث نقط متقاربة من النقط التي جاز عليها الكوكب . والنقط التي تسامت الكواكب الثابتة من الدوائر المارة بالقطبين لا تتغير ، لأن الكواكب الثابتة كانوا يجدونها بالنظر الأول ثابتة غير متحركة بذاتها عن مواضعها . وكانوا بعد ذلك يديرون الحلق الثلث في وقت واحد حتى يسامتوا بها الكواكب الثلثة الثابتة ، فكانت الكواكب تسامت النقط الثلث التي كانت في أول الأمر تسامتها من الحلق . وتصير النقط الثلث التي مر بها الكوكب على المجاز الذي يجري عليه الكوكب لأن الحلق الثلث حينئذ إذا سومت بها الكواكب الثلثة الثابتة تكون مسامتة لدوائر ثلث في سطح الفلك ثابتة غير متغيرة ، والنقط الثلث مسامتة لنقط ثلث من تلك الدوائر ثابتة غير منتقلة ، وقد مر بها الكوكب ، فهو على المجاز الذي يكون عليه الكوكب بحركته التي تخصه .

وكانوا يديرون حلقة أخرى من الحلق العظام التي تقع في الآلة ، فيطابقون بها نقطتين من النقط التي اجتاز عليها الكوكب وكانوا يجدونها تطابق النقطة الثالثة من الكواكب الثلثة العُلوية ولا يزول

[٣٩ و]

عنها زوالاً محسوساً. فتبين لهم بذلك أن المجاز الذي يتحرك عليه كل واحد من الكواكب الثلثة هو محيط دائرة على الحقيقة ، فتقرر ذلك(٣٣) أيضاً في نفوسهم ووثقوا به .

فأما في الكواكب الثلثة الباقية وهي القمر وعطارد والزهرة فإنهم لم يكونوا يجدونها كذلك بل قريباً منه وزائلة عن محيط الدائرة الحقيقية . ولما قد تقرر في نفوسهم من أن جميع الكواكب تتحرك على محيطات دوائر الكواكب العلوية ، والشمس تتحرك بحركاتها التي تخصها على محيطات دوائر حقيقية ، حكموا من أجل ذلك ولما هو أشبه بالأمر الطبيعي

وأولى بأن تكون أمور الكواكب كلها جارية على نظام واحد أن هذه الكواكب الباقية تتحرك على دوائر حقيقية ، وأن لها حركة أخرى هي التي تزيلها في بعض الأوقات عن دوائرها ، فأثبتوا من أجل ذلك حركات جميع الكواكب على دوائر محققة عظيمة تمر سطوحها بمركز العالم من أجل أن الدوائر العظام التي في الآلة هي التي كانت تمر بالمواضع التي تجتاز بها الشمس وتقررت فيها الكواكب العلوية الثلثة .

فلما تقرر ذلك عندهم جعلوا يرصدون حركاتها الدورية بالإضافة إلى الكواكب الثابتة . وذلك أنهم كانوا يديرون حلقة من الحلق المارة بقطبي العالم أو بقطبي دائرة البروج حتى تسامت الكوكب المطلوب حركته وتسامت مع ذلك كوكباً من الكواكب الثابتة ، فيثبتون ذلك الوقت من الزمان ويتعلمون على النقطتين من الحلقة المسامتتين للكوكبين ، فيعرفون من ذلك الكوكب أيضاً القوس التي بين الكوكبين فيثبتونها . ولا يزالون يرصدون ذلك الكوكب أبداً إلى أن يعود إلى مسامتة الكوكب الثابت ، فيعرفون من ذلك مقدار الزمان الذي يقطع فيه دائرته . وكانوا يفعلون ذلك دائماً فلا يجدون الزمان الذي يدور فيه الكوكب دورة مساوياً للزمان الذي يدور فيه دورة أخرى ، ولا يجدون بعده أيضاً من ذلك الكوكب الثابت متساوياً .

فمكثوا على ذلك دهراً طويلاً يعتمدون على تلك الدوائر ويردون زائدها على ناقصها حتى يحصل لهم زمان الدورة ، ويقسمون زمان الدورة على أجزاء الدائرة — وجعلوه ٣٦٠ جزءاً — فيسيرونها في دوائرها بحسب ذلك الزمان . إلا أنهم كانوا يجدون في حركاتها تفاوتاً إذا قاسوها باقترانها وأوضاعها من الشمس وبأوضاعها أيضاً من الكواكب الثابتة بالقياس إلى دائرة البروج ليبين الخلل إن كان من الكواكب المتحيرة وإن كان(٣٤) من الكواكب الثابتة . وكان رصدهم على هذه الصفة :

كانوا ينصبون ذات الحلق على الصفة التي قدمناها ويثبتون

[٣٩ ظ]

فيها دائرة البروج على الوضع الذي ذكرنا ويحركونها بالدائرة المارة بالقطبين الملتحمة بها ويتخذون دائرة أخرى مارة بالقطبين تدور حولها ، ثم يراعون الوقت الذي تكون فيه الشمس والقمر فوق الأرض ويعتمدون الحين الذي تنتهي فيه الشمس إلى أفق الغروب ، فيديرون الحلقة التي أقاموها مقام دائرة البروج التي تسامت الشمس على ما كنا بيناه، فيصير

نصبة ذات الحلق شبيهة بنصبة كرة العـــالم ودائرة البروج التي فيها مسامتة(٣٥) لدائرة البروج التي في كرة العالم .

ثم كانوا يديرون الحلقة الأخرى المارة بالقطب حتى يسامتوا بها جرم القمر في ذلك الوقت ، فيصير وضع هذه الحلقة وضع الدائرة التي تخرج من القطب وتمر بالقمر ونصب الحلق التي في الآلة كل واحد منها بمنزلة نظيرتها من كرة العالم . ثم يلصقون هذه الحلقة المارة بالقمر مع دائرة البروج إلصاقاً شديداً حتى إذا تحركت إحداهما تحركت الأخرى . ثم كانوا يحركون الحلقة المارة بالقمر حركة تابعة لحركة الكل، فتصير حركة الحلق الثلث المتقاطعة متساوية لحركة الكل — أعني الحركة السريعة التي من المشرق إلى المغرب — ولا يزالون كذلك إلى أن تغرب الشمس وتظهر الكواكب .

ثم كانوا يتخذون حلقة أخرى تمر بقطبي العالم وتدور حولها ، وكانوا يديرونها حتى تسامت كوكباً من الكواكب الثابتة ، ويديرون الحلقة التي كانت تسامت القمر حتى يسامتوا بها الكوكب الثابت الذي يرصدونه . ثم يلصقون هذه الحلقة بدائرة البروج أيضاً إلصاقاً شديداً حتى إذا حركت هذه الحلقة تحركت دائرة البروج أيضاً معها . ثم كانوا يعتمدون على هذه الحلقة ويحركونها حركة تابعة لحركة الكوكب ، فتتحرك الدائرة الملتحمة بها حركة مساوية لحركة العالم ، ولا يكون بين الحركتين تفاوت لأن الكوكب الثابت لا يتغير وضعه فهو بمنزلة نقطة ثابتة من كرة العالم . واستخرجوا أيضاً من الدائرة الأولى المارة بالقطبين الملتحمة بدائرة البروج المقاطعة لها على نقطتي الانقلابين قطبي دائرة البروج ، وهما النقطتان اللتان يقسمان كل واحد من نصفي هذه الدائرة بنصفين . واتخذوا حلقة أخرى تمر بهذين القطبين — أعني قطبي دائرة البروج — وتدور حولهما ، فكانوا إذا ظهرت الكواكب ورتبوا الدائرة التي تمر بكوكب من الكواكب الثابتة وتتحرك بحركة العالم كما وصفنا يديرون هذه الحلقة الأخيرة

[٤٠ و]

التي تسامت كوكباً من الكواكب الثابتة أيضاً وهذه الحلقة مقاطعة لدائرة البروج .

وكانوا يتعلمون على النقطة من دائرة البروج التي تقطعها عليها هذه الدائرة ويسمون تلك النقطة من دائرة البروج ، ويتعلمون على النقطة المسامتة للكوكب من الدائرة المارة

بقطبي دائرة البروج ، ويسمون القوس التي بين هذه النقطة وبين النقطة الأولى عرض الكواكب .

ثم قسموا دائرة البروج اثنى عشر قسماً جعلوا مبدأها من النقطة التي تمر بها الدائرة الأولى الملتحمة التي عليها قطبا دائرة البروج وهي نقطة الانقلاب . ثم كانوا يحركون الحلقة المارة بقطبي العالم وبالكوكب الثابت حركة تابعة لحركة الكوكب حتى تكون هيئة الآلة شبيهة بهيئة العالم ووضعها كوضعها . ثم كانوا يديرون الحلقة المارة بقطبي البروج حتى تنتهي إلى النقطة التي تلي نقطة الانقلاب من النقط التي تقسم الدائرة باثنى عشر قسماً فتصير مسامتة للدائرة من كرة العالم المارة بالنقطة المسامتة لتلك النقطة . والحلقة الأولى المارة بنقطة الانقلاب هي مسامتة أيضاً للدائرة من كرة العالم المارة بنقطة الانقلاب . وهاتان الحلقتان يفصلان(٣٦) من دائرة البروج التي في الآلة جزءاً من يب جزءاً ، والدائرتان المسامتان لها يفصلان من دائرة البروج التي في كرة العالم جزءاً من يب جزءاً ، ويفصلان أيضاً من جميع سطح الكرة جزءاً من يب جزءاً — الذي يلزم من خواص الكرة — فكانوا يسمون الجزء برجاً .

ثم كانوا يتأملون من الفضاء الذي بين الحلقتين الكواكب الثابتة التي في الجزء المسامت له فيحصرونها ويعرفون من ذلك أي الكواكب في ذلك الجزء ، ويتخيلون من أوضاع بعض تلك الكواكب شكلاً شبيهاً بشيء من الحيوان ليصير علماً لهم يعرفون به ذلك الجزء ، وكانوا يسمون ذلك الجزء الذي سموه برجاً باسم ذلك الشكل أيضاً ليتميز به ذلك البرج من غيره تميزاً ظاهراً للحس . ثم كانوا يفعلون ذلك بكل قسم من أقسام دائرة البروج ؛ فقسموا جميع سطح العالم باثنى عشر قسماً سموها بروجاً وسموا كل واحد منها باسم الشكل الذي هو فيه من أشكال الكواكب ، فتميزت لهم بذلك الكواكب وأجزاء كرة العالم . ثم سموا أقسام دائرة البروج أيضاً بتلك الأسماء ليتميز لهم كل قسم منها .

وقسموا أيضاً دائرة البروج ٣٦٠ جزءاً ثم تعرفوا جميع مواضع الكواكب العظام من الكواكب الثابتة من دائرة البروج وفي أي جزء هو كل كوكب

[٤٠ ظ]

من أجزاء دائرة البروج ، وذلك بالطريق الذي قدمناه ، وهو أن تدار حلقة من الحلق

المارة بقطبي دائرة البروج حتى تسامت الكوكب وتقطع دائرة البروج فتكون نقطة التقاطع هو موضع الكوكب . وعرفوا أيضاً عروضها وأثبتوا ذلك ودونوه ليرجعوا إليه أي وقت أرادوا . وشكلوا جميعها بأشكال حصروها ليعرفوا كل واحد منها بالمشاهدة من وضعه من الشكل الذي هو فيه حتى إذا نظروا إلى الكوكب عرفوه بوضعه وعرفوا مِن ذِكرهم لما تقدم من رصده موضعه من دائرة البروج وعرضه .

وكانوا أيضاً يتعرفون أوضاع هيئة الكواكب – أعني الثابتة – من قطب العالم وبُعد كل واحد منها من القطبين ، فإنهم علموا أن بذلك وبوضعها من دائرة البروج يتبين لهم أحوالها التي تخصها وهل هي ثابتة على الحقيقة كما كان ظهر لهم أو لها حركة تخفى عنهم. فأثبتوا أبعادها أيضاً من قطب العالم والحلقة المارة بقطبي دائرة البروج فلا يجدون وضعها يتغير في القدر الذي يرصدونه من الزمان ، فكانوا يحكمون عليها بأنها ثابتة .

فلما تبين لهم حال الكواكب الثابتة رصدوا أيضاً الكواكب المتحيرة والقمر بالقياس إلى دائرة البروج ، وكان رصدهم لها كما أصف :

كانوا ينصبون ذات الحلق على الوضع الذي ذكرناه ، ويديرون حلقة من الحلق المارة بقطبي دائرة البروج فيضعونها على نقطة من النقط التي هي موضع كوكب من الكواكب الثابتة الذي قد حصّلوه ودونوه وتكون من الكواكب التي هي ظاهرة في وقت الرصد . ويلصقون هذه الحلقة بدائرة البروج إلصاقاً شديداً ويحركون الحلق حتى تصير هذه الحلقة المارة بقطبي دائرة فلك البروج وبموضع الكوكب مسامتة لذلك الكوكب بعينه الذي تلك النقطة موضعه ، فيصير نصبة الآلة كنصبة كرة العالم . ثم يديرون حلقة من الحلق المارة بقطبي العالم حتى يسامتوا بها كوكباً من الكواكب الثابتة ، ويلصقونها أيضاً بدائرة البروج حتى يحركوها بحركة الكواكب ، ويحركون بحركتها جميع الحلق المتقاطعة حتى تصير حركة هذه الآلة شبيهة بحركة الكل لتكون(٣٧) مع حركتها لازمة لموضع الكل ، ثم يتخذون حلقة أخرى تمر بقطبي دائرة البروج وتدور حولها ويديرونها حتى يسامتوا بها كوكباً من الكواكب المتحيرة ، فيعرفون بذلك موضعه من دائرة البروج وهو النقطة التي

[٤١ و]

تقاطع عليها هذه الدائرة ودائرة البروج . وهذه المسامتة تكون بأن تحرك الحلقة حتى يرى

الكوكب في السطح الذي هو أحد وجهي الحلقة ، وذلك بأن يكون الناظر إليه يضع بصره على محيط الحلقة وينظر إلى مركز الحلقة ويحرك الحلقة ، ويقدم بصره ويؤخره على محيط الحلقة حتى يرى الكوكب في سطح الحلقة بالشعاع الذي يمر بمركزها ، أو يتخذ لها عضادة تدور على مركز الحلقة وهدفين وثقبين ومورين وتدار العضادة وينظر من أحد الثقبين حتى ينفذ الشعاع في الثقب الآخر وينتهي إلى الكوكب ، فتكون النقطة التي يقع عليها طرف الموري هي النقطة المسامتة للكوكب وتلك الحلقة تقطع دائرة البروج ، فيراعون النقطة التي تنقطع عليها الدائرةُ التي هي نهاية الحلقة من وجهها الذي الكوكب في سطحه والعضادة تدور عليه والدائرةُ التي في وجه الحلقة التي هي دائرة البروج المقسومة ٣٦٠ جزءاً التي في سطحها تتحرك الشمس ، فتلك النقطة هي موضع الكوكب من دائرة البروج في ذلك الوقت ، فيتعلمون عليها .

ثم يرصدون الكوكب كذلك في الليلة الثانية فيجدونه على نقطة من دائرة البروج تلي تلك النقطة ، ثم كذلك دائماً إلى أن يقطع جميع دائرة البروج ويعود إلى الموضع الذي كان فيه ، فيعرفون من ذلك مقدار الزمان الذي قطع فيه جميع دائرة البروج فيثبتون ذلك ، ثم يعرفون أيضاً الزمـــان الذي قطع فيـــه كل ربع من أرباع الدائرة فيثبتونه أيضاً ، ويعتمدون في حركته في الأرباع الزمان الذي تكون حركته فيه مستقيمة ومن أول الاستقامة أيضاً لتكون حركاته متشابهة ، ثم يعودون فيرصدون ذلك الكوكب مثل ذلك الرصد إلى أن يقطع جميع دائرة البروج ، ويعرفون مقدار هذا الزمان أيضاً ومقدار الأزمان التي قطعها فيه كل ربع من الأرباع . وكانوا يجدون الزمان الثاني مخالفاً للزمان الأول ، ويجدون الزمانين اللذين يقطع فيهما ربعاً بعينه من الأرباع مختلفين أيضاً .

ولم يزالوا يرصدون كل واحد من الكواكب المتحيرة كذلك دورات كثيرة ، ويفكرون في ذلك الاختلاف وينظرون أيضاً فيه نظراً هندسياً ، وأي سبب يحتمل أن يكون ذلك مع أن حركتها متساوية متشابهة ومتصلة وعلى نظام متسق لأن ذلك أشبه وأولى بالأجسام الدائمة البقاء البعيدة من الفساد وأشبه بالحركات الدائمة الاتصال اللازمة للنظام، فيطلبون هيئة

[٤١ ظ]

يطابقون بها ما يجدونه من أمر هذه الكواكب . فانتهى بهم الأمر والنظر الهندسي إلى أن الدوائر التي تتحرك عليها الكواكب المتحيرة خارجة المراكز عن مركز العالم كدائرة

الشمس ، وأنها تسامت بتلك الحركة دوائر عظيمة مراكزها مركز العالم لأن ذلك يلزم إذا كانت الدائرتان في سطح واحد ولم تكن مراكزها واحداً ، فلزم – كما قلنا في حركة الشمس – أن لكل واحد من هذه الكواكب كرة تخصه هي التي تحركه حركته الخاصة .

ثم لما نظروا فيما يلزم من الحركة على محيطات الأفلاك الخارجة المراكز ، وقايسوا بها ما وجدوه من اختلاف حركات الكواكب بالقياس إلى أرباع دائرة البروج ، وجدوا الكواكب العلوية وكوكب الزهرة يطابق أمرُها ما فرضوه لها من الأفلاك الخارجة المراكز .

فأما القمر وكوكب عطارد فإنهم لم يجدوا حركتهما موافقة لما فرضوه ، فأثبتوا لكل واحد منهما فلكاً آخر يحرك الفلك الخارج المركز ويدير مركزه على محيط دائرة ، وسموه الفلك المدير ، وقاسوا ذلك بحركتهما فكان موافقاً .

وتبين لهم أيضاً من جميع الأرصاد أن الكواكب الخمسة تتحرك في بعض الأوقات حركة مضادة لحركتها كأنها راجعة إلى الجهة التي منها تحركت ثم تعود فتتحرك على الاستواء إلى الجهة التي كانت أولاً تتحرك إليها . فمكثوا يراعونها دائماً في أرصادهم فيجدونها تستقيم في بعض الأوقات وترجع في بعضها ، فجعلوا يفكرون أيضاً في السبب (الذي) يحتمل معه أن تتم هذه الحركة مع ما تقرر في نفوسهم من أن حركاتها متساوية متشابهة . فانتهى بهم النظر الهندسي إلى إثبات دوائر مراكزها على محيطات الدوائر الخارجة المراكز ، وأن الكوكب يتحرك على محيطات هذه الدوائر ، فإن من هذه الهيئة يعرض أن تكون الكواكب تتحرك تارة إلى جهة وتارة إلى ضدها وتكون حركته مع ذلك حركة واحدة متصلة بسيطة مستديرة دائمة . فقوي في نفوسهم أن الأمر كذلك وأن الكوكب نفسه لا يمكن أن يتحرك بذاته فينتقل من موضع إلى موضع ، لأنه يعرض من ذلك كما قلنا أن يخرق(٣٨) الجسمَ الذي هو فيــه ، وذلك بعيد جداً من الجسم الذي لا يسرع إليه الفساد ، ويلزمه إثبات مكان خال . ولئلا(٣٩) يلزم شيء من المحالات فرضوا لكل كوكب من الكواكب المتحيرة كرة مصمتة مركوزة في جسم الكرة الخارجة المركز والكوكب مركوز في جسم الكرة ، حتى إذا تحركت الكرة الخارجة المركز حركت هذه معها وتحرك معها

[٤٢ و]

الكوكب . وإذا تحركت هذه الكرة لم تخرج عن موضعها وحركت مع ذلك الكوكب

وصار مركز الكوكب يتحرك على محيط دائرة في هذه الكرة ومركزها على محيط الدائرة الخارجة المركز التي رسمها مركز هذه الكرة الأخيرة بحركة الكرة الخارجة المركز . ويلزم من هذه الحركة أن يتحرك الكوكب تارة إلى جهة وتارة إلى ضدها ، وذلك لأن الحركة المستديرة يعرض فيها أن تكون الجهة العليا من المتحرك تتحرك إلى ضد الجهة التي تتحرك إليها الجهة السفلى ، وسموا هذه الكرة فلك التدوير .

وتبين أيضاً في كوكبي الزهرة وعطارد أنهما يبعدان عن موضع الشمس الوسط بحركة فلكي تدويرهما في الجهتين بعداً متساوياً أبداً . وذلك أنهم كانوا يرصدونهما(٤٠) في رجوعهما بالآلة التي ذكرناها إلى أن ينتهيا إلى غاية بعدهما في الرجوع ، ثم يسيّران بحسب سيرهما الوسط فيعرفون موضعهما من دائرة البروج ، فتبين من ذلك مقدار البعد بينهما . ثم يرصدونهما في استقامتهما إلى أن ينتهيا إلى الشمس ويفارقانها(٤١) ويميلان إلى الجهة الأخرى ، ويرصدونهما إلى أن ينتهيا إلى غاية بعدهما ، ويعرفون موضعهما من دائرة البروج . ويسيّرون أيضاً الشمس مسيرها الوسط ، فيعرفون موضعها أيضاً من دائرة البروج ، فتبين أيضاً مقدار البعد بينهما . وكانوا يجدون هـذا البعد مساوياً للبعد الأول أبداً إذا كان الموضعان متساويين في البعد عن بعدهما الأبعد من الفلك الخارج المركز. فتبين لهم من ذلك أن مركز فلك التدوير يتحرك بحركة مساوية لحركة الشمس الوسطى ويكون مسامتاً أبداً لموضع الشمس الوسط ، لأن الكوكب يبعد عن موضع الشمس الوسط في الجهتين بعداً متساوياً ، وهو إنما يبعد بعداً متساوياً عن مركز فلك التدوير لأنه على محيط فلك التدوير .

وكانوا يستدلون أيضاً على أن للكواكب الخمسة أفلاك تداوير بأنهم كانوا يرصدونها في وسط الرجوع ووسط الاستقامة اللذين يوجبان للكوكب كونه في القرب الأقرب(٤٢) من فلك تدويره وفي البعد الأبعد من فلك تدويره ، وكانوا يجدونها في وسط الرجوع برأي العين أعظم قدراً مما كانوا يجدونها في وسط الاستقامة خاصةً إذا كانت في الحالين في موضعين متشابهين من الفلك الخارج المركز ، فتحققوا من ذلك أن للكوكب فلكَ تدوير يصير تارة في أعلاه وتارة في أدناه . وتبين أيضاً أن رجوعهما يكون في أدنى أفلاك تداويرهما .

فأما فلك تدوير القمر فإنهم استدلوا عليه بأنهم كانوا أثبتوه له من الفلك الخارج

المركز ، وكانوا يجدون اختلافاً آخر وكانوا يجدونه في موضع من فلكه الخارج المركز سريع الحركة في بعض الأوقات ،

[٤٢ ظ]

ويجدونه في ذلك الموضع بعينه من فلكه وقتاً آخر بطيء الحركة ، ويجدونه أيضاً عند سرعة حركته عظيم القدر في رأي العين وعند إبطائه صغير القدر. وكان رصدهم لمقداره بآلة على شكل الزاوية ويسامتون محيطها(٦٢) طرفي قطر القمر، ثم يفعلون مثل ذلك في الوقت الآخر فيجدون الزاوية تختلف ، فيظهر من ذلك أن مقدار القمر مختلف في الحس . فيتبين من هذه الأحوال أن له فلك تدوير لأن ذلك يوجب له أن يقرب تارة ويبعد أخرى فيرى تارة أعظم وتارة أصغر، ويوجب له أن يبطيء تارة، وذلك إذا تحرك في فلك تدوير(٤٣) إلى خلاف توالي البروج فإنه ينقص من مقدار حركته في الطول ، ويسرع أخرى إذا تحرك في فلك تدويره إلى توالي البروج(٤٤) فإنه يزيد في حركته في الطول ، فيوجب سرعةُ حركته عند رؤيته عظيماً — أعني عند قربه — وبطء(٤٥) حركته عند رؤيته صغيراً — أعني عند أعلى بعده — أن حركته في أبعد بعده من فلك تدويره إلى خلاف توالي البروج وفي أدناه إلى توالي البروج ، فأثبتوا له من أجل ذلك فلك تدوير وسيروه فيه ، وقاسوا ما أثبتوه له إلى ما يشاهدون من حركته فوجدوه موافقاً .

فلما تبين لهم أمر أفلاك التداوير للكواكب الخمسة والقمر لزم أن تكون الحركة المستوية التي على محيط الفلك الخارج إنما هي لفلك التدوير . فتوهموا خطاً مستقيماً يخرج من الفلك الخارج المركز وينتهي إلى مركز فلك التدوير ويقطعه ، فتكون النقطتان اللتان على محيط فلك التدوير هما البعد الأبعد والبعد الأقرب من فلك التدوير ، فصار بهذا الفرض حركة البعد الأبعد والبعد الأقرب لفلك التدوير مساوية لحركة الفلك الخارج المركز . فلما سيروا بتلك الحركة ورصدوه بالآلة عند كون الكواكب في بعدها الأبعد من فلك التدوير لم يجدوا حركتها موافقة كونها في البعد الأبعد بالآلة ، وكذلك في القرب الأقرب ، فتمحلوا وجهاً آخر يوافقون به ما كانوا يجدونه . ففرضوا أن قطر فلك التدوير الذي طرفاه البعد الأبعد والقرب الأقرب يسامت نقطة غير مركز الفلك الخارج المركز وغير مركز العالم ، وأن الخط الخارج من هذه النقطة إلى مركز فلك التدوير يكون على استقامة قطر فلك التدوير الذي طرفاه البعد الأبعد والبعد الأقرب ، وأن هذا الخط هو الذي لا

يتغير وضعه عند فلك التدوير ، وأن الحركة المستوية إنما هي

[٤٣ و]

حركة هذا الخط ، وأن الفلك الخارج المركز يحرك فلك التدوير ، وهذا الخط يحرك قطر فلك التدوير ، وسموا هذه النقطة نقطة المحاذاة . فأثبتوا هذه الحركة وقاسوها بما يجدونه من حركات هذه الكواكب فوجدوها موافقة غير مضادة ولا مغيرة لشيء من حركاتها الباقية .

فلما استقر جميع ذلك جعلوا يرصدون أيضاً دورات الكواكب مدة طويلة من الدهر ليعلموا في كم زمان(٤٦) يقطع الكوكب دائرته وفي كم يقطع كل واحدة من دوائره ويعود إلى موضعه . وكانوا يلتمسون زماناً يقطع فيه الكوكب بجميع حركاته دوائر تامة – أعني بحركته في فلك البروج وبحركته في الفلك الخارج المركز وبحركته بالإضافة إلى دائرة البروج – ويكون عرضه مع ذلك متشابهاً لئلا يؤثر العرض خللاً في تلك الحركات ، فجعلوا يلتمسون زماناً يتفق فيه ذلك فكان يظهر أنه زمان في غاية الطول . وكان يرصد الكواكبَ المتحيرةَ قوم بعد قوم ويثبتون ما يحصل لهم من الأرصاد لكل واحد من الكواكب إلى أن وقفوا على ذلك الزمان ووجدوا واحداً واحداً منها بالرصد قد تمت له جميع دوراته ، وحصل لهم من هذا الرصد عدد العودات التامة التي قطعها الكوكب في ذلك الزمان من كل واحدة من دوائره ، أعني أنه تبين كم دورة تمت له في ذلك الزمان في فلك تدويره وكم دورة تمت له في الفلك الخارج المركز وكم دورة تمت له في دائرة البروج وكم مرة انتهى إلى غاية عرضه ، فقسموا ذلك الزمان على عدد المرات فتبين من ذلك مقدارُ الزمان الذي يقطع فيه الكوكب فلك تدويره ومقدارُ الزمان أيضاً الذي يقطع فيه فلكه الخارج المركز والزمانُ الذي يقطع فيه جميع دائرة البروج والزمانُ الذي يعود فيه إلى غاية عرضه . وقسموا كل واحد من تلك الأزمنة على ثلثمائة وستين جزءاً(٤٧) التي هي أجزاء الدائرة ، فتبين من ذلك في كم من الزمان يقطع الكوكب الجزء من الدائرة والأجزاء المفروضة من الدائرة ، ودونوا جميع ذلك واعتمدوه . وصاروا يسيرون جميع الكواكب بهذه الطريق فيعرفون من هذا الحساب مواضع الكواكب من دائرة البروج ومن الفلك الخارج المركز ومن فلك التدوير ومن قوس العرض ، واعتمدوا بعد ذلك على هذه المعاني . واستخرجوا من هذه الأرصاد أيضاً ومن نظرهم في العلوم الهندسية مقادير

أبعاد مراكز أفلاكها من مركز العالم ومقادير أقطار أفلاكها الخارجة المراكز ومقادير أقطار

[٤٣ ظ]

أفلاك التداوير ، وقصدوا في جميع ما استخرجوه أن يطابقوا بين ما يظهر من حركاتها وبين استواء حركاتها في دوائرها ويطلبوا الهيئات التي تحتمل ذلك من الأشكال الهندسية .

ثم رصدوا من بعد ذلك ميولها عن دائرة البروج . وكانوا يجدون جميع الكواكب المتحيرة والقمر تميل عن دائرة البروج . أما القمر فإنهم كانوا يجدونه يميل عن دائرة البروج حتى ينتهي إلى غاية ثم يرجع حتى ينتهي إلى دائرة البروج ويتجاوزها ويميل أيضاً إلى غاية كانوا يجدونها مثل الغاية الأولى ، ثم يرجع حتى ينتهي إلى دائرة البروج ويتجاوزها أيضاً ويميل حتى ينتهي أيضاً إلى مثل تلك الغاية بعينها — أبداً على حال واحدة . فتبين من ذلك أن القمر لا يزول عن دائرته التي تخصه إلى غاية ميله ولا يتغير . ولكنهم كانوا يجدونه في غاية ميله في جهة الشمال يسامت نقطة من دائرة البروج ، وفي غاية ميله دفعة ثانية في جهة الشمال أيضاً يسامت نقطة غير تلك النقطة ومتأخرة عنها ، أعني قبلها، وذلك في جهة الجنوب ، ويجدونه إذا عاد إلى دائرة البروج يسامت فيها نقطة وإذا عاد إليها في الدفعة الثانية إلى الجهة منها الأولى يجدونه أيضاً يسامت نقطة غير تلك النقطة . فتبين لهم من ذلك ، ومن أنه لا يزول عن دائرته ، أن جميع دائرته تتحرك حول دائرة البروج وعلى قطب دائرة البروج وعلى خلاف توالي البروج وسموا هذه الحركة حركة الجوزهر .

وكانوا يستدلون أيضاً على حركة دائرة القمر بكسوف الشمس . وذلك أنهم كانوا إذا(٤٨) رصدوا كسوف الشمس وجدوه بالمشاهدة إنما يكون باعتراض القمر فيما بين الشمس وبين أبصارهم . فتبين من ذلك أن القمر يجتاز في وقت الكسوف على النقطة التي فيها الشمس من دائرة البروج ، وقد كان تبين لهم أن القمر يتحرك على دائرة مائلة عن دائرة البروج ، فتبين من ذلك أن الكسوف إنما يكون إذا انتهى القمر بحركته في دائرته المائلة إلى النقطة التي تقطع عليها هذه الدائرةُ دائرةَ البروج ويتفق أن يكون الشمس في تلك النقطة من دائرة البروج ، لأن بهذه الحال يمكن أن يستر القمر الشمس مع تحركه في دائرته المائلة . وكان يحصل لهم من تلك النقطة نقطةُ التقاطع من دائرة البروج بالآلة لأنها النقطة التي تسامت الشمس . ثم كانوا يرصدون كسوفاً آخر للشمس فيجدونه

على هذه الصفة إلا أنهم كانوا يجدون نقطة التقاطع في الكسوف الثاني غير نقطة التقاطع في الكسوف الأول ومتأخرة عن تلك النقطة

[٤٤ و]

أيضاً لا متقدمة. وكانوا يدركون ذلك أيضاً بأن يسيروا الشمس فيجدون موضعها في وقت الكسوف غير الموضع الذي كانوا فرضوا نقطة التقاطع عليه بل نقطة متأخرة عنها . وقد كان تبين أن غاية ميل القمر عن دائرة البروج أبداً متساو(٤٩) . فتبين من جميع ذلك أن جميع دائرته المائلة تتحرك إلى خلاف توالي البروج وعلى قطبي دائرة البروج لأن تحركها إلى خلاف توالي البروج يوجب انتقال نقطتي التقاطع أيضاً إلى خلاف توالي البروج يوجب لها(٥٠) ألا يزيد ميلها عن دائرة البروج ولا ينقص .

فأما الكواكب الثلثة العلوية فإنهم كانوا يرصدون ميلها عن دائرة البروج ، وكانوا يجدون غايات ميلها تختلف ولكن اختلافاً يسيراً ليس له قدر عند الحس ، ولم يكن يظهر قبل ذلك إلا أنه كان إذا حُقِّق النظر فيها وجدوها مختلفة . فتمحلوا لذلك وجهاً يليق بالوجوه المتقدمة فأثبتوا لها دائرة صغيرة يتحرك عليها قطر فلك التدوير الذي طرفاه البعد الأبعد والبعد الأقرب فيميل معه فلك التدوير ويميل الكوكب أيضاً بميله .

فأما مسامتة هذه الكواكب لدائرة البروج في غايات ميلها فما كانوا في أول الأمر(٥١) يجدونه يختلف ، فلزم من ذلك أن تكون دوائرها المائلة التي تخصها ثابتة غير متنقلة . فأما كوكبا الزهرة وعطارد فإنهم لما رصدوا ميلهما وجدوهما يميلان ضروباً من الميل . فرتبوا لهما مثل ما رتبوه لباقي الكواكب ، ثم سيروهما بحسب ذلك ، فوجدوهما يخالفان ما رتبوه . وذلك أنهم كانوا إذا سيروهما حتى يسيرا في فلك تدويرهما على ربع دائرة من البعد الأبعد ، وكان يلزم من ذلك على ما وضعوه أن يكونا في سطح الدائرة المائلة ، كانوا إذا رصدوهما بالآلة يجدونهما مائلين عنها . فطلبوا وجهاً زائداً يضيفونه(٥٢) إلى ذلك ليكون موافقاً لحركتهما ، فجعلوا لفلك تدوير كل واحد منهما قطراً مقاطعاً للقطر الأول المتحرك على الدائرة الصغيرة على زوايا قائمة ، وجعلوه أيضاً يتحرك على دائرة صغيرة ، وسيروهما بهذه الحركات في العرض ورصدوهما فوجدوهما يخالفان ذلك أيضاً ولكن مخالفة أقل من تلك المخالفة. وذلك أنهم كانوا يسيرونهما حتى يسيرا(٦٣) في غاية ميلهما بحسب ميل الدائرة المائلة عن دائرة البروج ، وكانوا يرصدونهما بالآلة فيجدونهما في ذلك الوقت

على سطح دائرة البروج أو مائلاً عنها ميلاً دون الميل الذي كانوا فرضوه لها .

وكانوا أيضاً يرصدون الزهرة إذا كانت في غاية ميلها بحسب الدائرة المائلة فيجدونها مائلة

[٤٤ ظ]

بهذا الميل نحـو الشمال ، ويرصدونها في النقطة المقابلة لهـذه النقطة فيجدونها أيضاً مائلة بهذا الميل نحو الشمال أيضاً . وإذا رصدوا عطارد يجدون ميله بحسب دائرته المائلة على النقطتين المقابلتين جميعاً نحو الجنوب . فجعلوا من أجل ذلك دائرتيهما اللتين تخصهما(٥٣) المائلتين عن دائرتي البروج تتحركان أيضاً إلى دائرة البروج حتى ينطبقا عليها ويتجاوزاها ويميلان إلى الجهة الأخرى مثل ذلك الميل ثم يعودان حتى ينطبقا عليهما ويميلان أيضاً إلى الجهة الأولى — كذلك دائماً . فلما فرضوا كل ذلك رصدوا عرضهما فوجدوه غير مغادر .

فأما الكسوفات فإنهم رصدوها أيضاً . أما كسوف الشمس فإنهم كانوا يرونه إنما يكون من اعتراض القمر بين أبصارهم وبين الشمس . وتبين من ذلك أيضاً أن فلك القمر دون فلك الشمس . فأما كسوف القمر فإنهم كانوا يجدونه بالمشاهدة . فإذا قوموا الشمس والقمر لذلك الوقت وجدوا موضع الشمس من دائرة البروج مقابلاً لموضع القمر — كذلك دائماً ، ويجدون موضع القمر على نقطة التقاطع التي بين دائرته ودائرة الشمس أو قريباً منها . وكانوا يجدون ما يضيء من القمر في سائر الأيام مختلف المقدار ، وكانوا يتطلبون العلة الموجبة لذلك بطريق الهندسة وإدامة النظر ، فتبين لهم من اختلاف مقدار ما يضيء من القمر وأنه في مقابلة الشمس يكون ممتلئاً وإذا قرب من مسامتة الشمس كان المستنير منه يسيراً أنه يقبل النور من نور الشمس وتبين لهم من أن القمر لا يكون له عرض عن دائرة البروج في وقت كسوفه وأنه يكون في مقابلة الشمس أنهما يكونان في ذلك الوقت على طرفي قطر ، ويلزم من ذلك أن الأرض في وقت الكسوف تكون متوسطة بينهما ، ولزم من مجموع هذين الأمرين أن كسوف القمر إنما يكون إذا صار جرم الأرض متوسطاً بين الشمس والقمر ، وإذا كانت الأرض متوسطة بين الشمس والقمر فإنها تستر عنه الشمس في هذه الحال فلا يقع عليه نورها فلا يقبل نورها . وازدادوا ثقة بذلك لأنهم كانوا يجدونه في أوقات أخر مقابلاً للشمس وله عرض عن دائرة البروج فيرونه مضيئاً ممتلئاً .

فلما تبين جميع ذلك واستقر قطعوا بأن أمور الكواكب تجري على هذا النظام

لأنه موافق لما وجدوه من حركاتها وشبيه بما هو دائم البقاء بعيد من الفساد ملائم للأمور الإلهية ، ودونوه في الكتب وسيروا الكواكب بحسبه واعتمدوا عليه وصار صناعة ينظر إليها كل من اشتاق إلى علم الهيئة ومعرفة الحقائق .

ونقول من بعد هذا بغلبة حسن الظن بأهل

[٤٥ و]

هذه الصناعة ولمحبتهم كان[٥٤] للحق واجتهادهم أنهم من بعد هذا كله رصدوا من كل واحد من الكواكب ما أثبتوه لهم[٥٥] من الحركات ورتبوه من الهيئات واعتبروه وحصّلوه ليزدادوا ثقة به وتيقناً له ، وكان رصدهم له على هذه الصفة :

كانوا يرصدون الكواكب بالآلة التي ذكرناها أعني ذات الحلق ، ويستظهرون أيضاً بأن ينصبوا عدة من ذات الحلق في وقت واحد لئلا يقع في واحـــد منها تفاوت وخلل في الوضع . وكانوا يرصدون الكوكب على الصفة التي ذكرناها فيعرفون موضعه من دائرة البروج وميله عنها ثم يسيرونه بما قد أثبتوا له من الحركات ، فكانوا يجدونه موافقاً في الطول والعرض وفي سرعة الحركة وإبطائها ، ويفعلون ذلك دائماً فلا يجدونه يغادر شيئاً مما أثبتوه . ثم كانوا يعرفون مواضع عدة كواكب بالرصد فيعرفون أبعاد ما بينها واقتراناتها وأوضاع بعضها من بعض وأوضاعها من الكواكب الثابتة ، فكانوا يسيرونها أيضاً بحسب ما رتبوه فيجدون أبعاد ما بينها وأوضاعها واقتراناتها واحداً بعينه . وكانوا يعتبرون حركة الكوكب في جزء جزء[٥٦] من دائرة البروج ويعملونه بالحساب فيجدونه أيضاً موافقاً . ويعتبرون مقـــدار الكوكب بالمشاهدة في عظمه وصغره ويقيسونه بما يوجبه الحساب من قربه وبعده فيجدونه موافقاً . ويسيرون الشمس والقمر فإذا وجدوهما متفقين في الطول والعرض راعوا ذلك الوقت فيجدون لهما كسوفاً . وكانوا يراعون رجوعات الكواكب واستقاماتها بالرصد وابتداء الرجوع وابتداء الاستقامة ويسيرون الكوكب فلا يجدونه يغادر . ويعتبرون الكواكب أيضاً بحلقة كانوا ينصبونها في سطح دائرة معدّل النهار فكان إذا انتهى الكوكب في حركته إلى النقطة من دائرة التقاطع لدائرة معدل النهار وتحرك بالحركة السريعة على دائرة معدل النهار فيجدون في ذلك الوقت كل تلك الحلقة في سطح تلك الحلقة ، وكذلك الشمس أيضاً ، فإذا رأوه بالمشاهدة في سطح تلك الحلقة سيروه أيضاً بحركاتها في الطول والعرض فيوجب ذلك التسيير أن يكون على معدل النهار . وكانوا

يرصدونها أيضاً حتى تقارن كوكباً من الكواكب الثابتة ويصير بينها وبينه بعد معلوم ثم يقومونها ويعرفون موضعها في الطول والعرض ويعرفون موضع الكوكب الثابت أيضاً مما كانوا أثبتوه ودونوه فيجدون ذلك موافقاً .

فلما تطاولت أرصادهم لهذه الكواكب والكواكب الثابتة تبين

[٤٥ ظ]

لهم اختلاف يسير بين ما يظهر بالرصد وبين ما يوجبه الحساب والحال[٥٧] التي بين الكواكب المتحيرة وبين الكواكب الثابتة . فكانوا يقيسون الكواكب المتحيرة بالشمس وبأوضاعها من دائرة البروج فلا يجدونه بخلاف ما ظهر بالرصد . فغلب في ظنهم أن التفاوت الذي ظهر هو للكواكب الثابتة ، فرصدوها على هذه الصفة :

كانوا ينصبون ذات الحلق عند غروب الشمس وعند كون القمر فوق الأرض ويديرون دائرة البروج حتى تسامت الشمس ، ويديرون حلقة أخرى من الحلق[٥٨] التي تمر بقطبي العالم حتى تسامت القمر كما بينا فيما تقدم حتى يصير هيئة ذات الحلق كهيئة العالم ، أو يعرفون موضع القمر أو كوكب من الكواكب المتحيرة في الطول والعرض ويضعون الدائرة التي تمر بقطبي دائرة البروج على موضع القمر أو ذلك الكوكب من دائرة البروج ، ويلصقونها بدائرة البروج ، ويديرونها حتى تسامت الكوكب ، فيصير أيضاً نصبة الآلة كنصبة العالم . ثم يديرون حلقة من الحلق المارة بقطبي دائرة البروج حتى يضعوها على موضع كوكب من الكواكب الثابتة التي هي في ذلك الوقت ظاهرة – أعني الموضع الذي دونوه للكوكب – فلا يجدون الحلقة في تلك الحال تسامت ذلك الكوكب بل يكون زائلاً عنها زوالاً يسيراً .

وكانوا يرصدونها على الانفراد بأن يديروا حلقة من الحلق المارة بقطبي العالم حتى تسامت الكوكب ويتعلمون على النقطة التي فيها المسامتة للكوكب فيعرفون بعد الكوكب الثابت من قطب العالم ويرجعون إلى ما كانوا أثبتوه من أبعاد الكواكب الثابتة من قطب العالم فيجدونه مخالفاً .

وكانوا إذا نصبوا الآلة النصبة الشبيهة بنصبة العالم وأداروا الحلقة المارة بقطبي دائرة البروج حتى تسامت الكوكب الثابت يجدونها تقطع دائرة البروج على نقطة غير

النقطة التي كانوا وجدوا الكوكب فيها في الرصد القديم (و) يجدونها مقدمة عنها ويجدون عرضها أعني بعدها من دائرة البروج هو العرض الذي كان لها . وكانوا يواصلون الرصد أيضاً فيجدونها ملازمة للنقطة الثانية فإذا طال الزمان ورصدوها يجدونها متقدمة عن النقطة الثانية أيضاً .

فتبين من ذلك أن للكواكب الثابتة حركة ولكن حركة بطيئة قدروها على ما ظهر لهم في كل مائة سنة جزءاً واحداً(٥٩) ، فاعتمدوا ذلك وأثبتوه .

وتبين لهم أيضاً من مواصلة الأرصاد للكواكب الخمسة المتحيرة أنها إذا صارت في غاية ميلها عن دائرة البروج

[٤٦ و]

ووجدت(٦٠) بالآلة تسامت نقطة من دائرة البروج قبل تلك النقطة، فواصلوا أرصاد هذه أيضاً فوجدوها تتقدم أبداً ، فتبين من ذلك أن جميع سطح دائرة الكواكب يتحرك على توالي البروج ويتحرك معها البعد الأبعد والبعد الأقرب ولكن حركة بطيئة ، وهي على ما ذكروا في كل مائة سنة جزء(٦١) واحد على مثل حركة الكواكب الثابتة على قطبي دائرة البروج أيضاً ، لأن عروضها كانت لا تخالف ما كانوا قرروه ، وسموا هذه الحركة حركة الأوج .

فهذا الذي شرحناه هو الطريق الذي به أدرك الناظرون في علم الهيئة جميع ما أدركوه من كيفيات الحركات السمائية وهيئات أفلاكها وأنواع اختلافاتها . والهيئات التي ذكرناها هي غاية ما أدركوه ونهاية ما بلغ إليه اجتهادهم . وإن ما أُدرِك من ذلك لعظيم في جنب ما عليه هذا المطلوب من الغموض وصعوبة المسلك وتعذر المرام ولما هو به من علو المنزلة وشرف الرتبة والقرب إلى الأمور الإلهية .

ولله المنّة في جميع ذلك وله الحمد على مواهبه .
تم قول أبي علي الحسن بن الحسن بن الهيثم رحمه الله
في الرصد .
والحمد لله رب العالمين .

ملحق

(جاء الكلام التالي – وهو بخط مخالف لخط ناسخ المقال – في ظهر الورقة رقم ٤٦ ،
وقد رأينا أن نورده تتمة لنشر مضمون مخطوط
مكتبة بلدية الإسكندرية رقم ٣٦٨٨ ج)

فائدة من الدر المنثور . قال ابن الشاطر : عدة الأرصاد التي بُنيت قبلُ وعليها كن الاعتماد دون غيرها هو رصد برجيس [إبرَّخُس] وله منذ بُني ألف وأربعمائة سنة ، وبعده رصد بطليموس [كذا] بمائتي سنة وخمس وثمانون سنة ، وبعده في ملة الإسلام رصد المأمون ببغداد وله أربعمائة سنة وثلاثون سنة ، والرصد البتاني في حدود الشام ، والرصد الحاكمي بمصر ، ورصد بني الأعلم ببغداد ، ووافقها [كذا] رصد الحاكمي ورصد بني الأعلم ولهما مائتان وخمسون سنة لابن الشاطر في حدود سنة ٦٥٠ . قال شيخ مشايخنا السيد الطحان : وجدت غالب علماء هذا الفن اختاروا تقويم النيرين وأعمالها [كذا] من الزيج الحاكمي لابن يونس وتقويم الخمسة المتحيرة من الشاهي لألغيبك [كذا بدون الهمزة] لما شاهدوا من صحة الخبر من قرانات وغيرها . انتهى . وفي بعض التواليف قال : لما كان في زماننا هذا وجدوا مشايخ هذه الصناعة بمصر المحروسة أن مكان الشمس والقمر يؤخذ من الزيج الحاكمي صحيحاً مطابقاً لما يجدوه برأي العين وحصل في مكان الزهرة وزحل اختلاف كثير فعدلوا عن بقية الكواكب واعتمدوا عليها من الزيج الشاهي وقد تابعهم العبد [= صاحب هـذا الكلام] في ذلك واعتبره بقران الكواكب بعضها لبعض وقرانها للكواكب الثابتة فوجدها مطابقة للحساب فغلب على الظن صحته وقربه من الصواب ، ووّجد ذلك أيضاً مطابقاً لما حرره خواجا نصير الدين الطوسي الذي رصده بصحراء طوس المعروف بالهلاووني مطابقاً في الأكثر ومخالفاً في أجزاء يسيرة في بعض الأماكن فتأكد عند العبد صحته واعتمد عليه في جميع الأعمال . انتهى .

تحقيقات

(رمزنا لمخطوط مكتبة بلدية الإسكندرية رقم ٣٦٨٨ ج بالحرف « ن » ولهامشه بالحرفين « هن » . والرمز + معناه : زائد في . والكلام الموضوع بازائه الحرفان « صح » تصحيح نقترحه . وفي النص وضعنا بين زاويتين < > ما نقترح إضافته ليستقيم الكلام .)

(١) وتكثر : ويكثر ن . (٢) والمحالة : (كذا في ن) .
(٣) تنتهي : ينتهى ن . (٤) آراؤهم : اراهم ن .
(٥) آراؤهم : اراوهم ن . (٦) إذا : واذا ن .
(٧) تبين : + هن . (٨) قطبين : قطبتين ن . (٩) يحصل : يحصل ن .
(١٠) تعود : يعود ن . (١١) المسامتة : المسامة ن . (١٢) الحلق : الخلق ن .
(١٣) تحدث : يحدث ن . (١٤) معتدلا : معدلا ن . (١٥) نحن : نحي ن .
(١٦) والزاويتان : والزاويتين ن . (١٧) لشخص : بشخص ن .
(١٨) تدور : يدور ن . (١٩) مساويا : مساوا ن .
(٢٠) تختلف : مختلف ن . (٢١) تختلف : يختلف ن .
(٢٢) جزءاً : جزوا ن . (٢٣) استدلوا : (كذا في ن) .
(٢٤) تتجاوزها : يتجاوزها ن . (٢٥) تمران : يمران ن .
(٢٦) واستقر : استقر ن . (٢٧) محيط : محيطي ن .
(٢٨) فتخرق : فتحرق ن . (٢٩) المضلعة : المصلعة ن .
(٣٠) مكانه : (كذا في ن) . (٣١) يخرق : محرق ن .
(٣٢) قريبا : (كذا في ن . صح : قريب) . (٣٣) ذلك : بذلك ن .
(٣٤) وإن كان : (صح : أو كان) .
(٣٥) فيها مسامتة : مسامتة فيه ن (وقد نبه الناسخ على تغيير الوضع) .
(٣٦) يفصلا ن : يفضلان ن . (٣٧) لتكون : ليكون ن .
(٣٨) يخرق : تخرق ن . (٣٩) ولئلا : قليلا ن .
(٤٠) يرصدونهما : يرصدونها ن . (٤١) ويقارقانها : ويقارقانهما ن .
(٤٢) القرب الأقرب : الاقرب القرب ن (وقد نبه الناسخ على تغير الوضع) .
(٤٣) فلك تدوير : فلك تدويره (صح ؟) .
(٤٤) إلى توالي البروج : + فانه ينقص من مقدار حركته في الطول ويسرع اخرى وذلك اذا تحرك في فلك تدويره الى توالي البروج ن . (٤٥) ويبطء : وتبطي ن .
(٤٦) زمان : زمانا ن . (٤٧) جزءا : جزوا ن .
(٤٨) كانوا إذا : اذا كانوا ن . (٤٩) متساو : متساويان .

(٥٠) يوجب لها : ويوجب لها (صح ؟) .
(٥١) الأمر : الاول ن (وصححت فوق السطر : الامر) .
(٥٢) يضيفونه : يصفونه ن .
(٥٣) تخصهما : (كذا في ن) .
(٥٤) ونقول من بعد هذا ... ولمحبتهم كان : (كذا في ن ، والكلام إلى « هذه الصناعة » يبدو ناقصاً أو في غير موضعه ، وكذلك كلمة « كان » يبدو أنها زائدة) .
(٥٥) لهم : (كذا في ن . صح : لها) .
(٥٦) في جزء جزء : في جزء جزو ن .
(٥٧) والحال : (كذا في ن) .
(٥٨) من الحلق : من الحلقة ن .
(٥٩) جزءا واحدا : جزو واحد ن .
(٦٠) ووجدت : (كذا في ن . صح : وجدت) .
(٦١) جزء : (كذا في ن) .
(٦٢) [٤٢ ظ] محيطها : (كذا في ن ، ونقترح : بخيطها) .
(٦٣) [٤٤ و] يسيرا : (كذا في ن ، ونقترح : يصيرا) .

مقالة
يحيى بن عدي بن حميد بن زكريا
في تبيين الفصل بين صناعتي المنطق الفلسفي والنحو العربي

حققها

جيرهارد اندرس *

الرموز
المستعملة في النص وحاشيته

مخطوطة مكتبة المجلس النيابي (كتابخانهٔ مجلس شوراى ملّى) ، طهران ، خزانة طباطبائى، رقم ١٣٧٦ (نسخة القرن العاشر الهجري) ، ص ١–١٤

[١]–[١٤] ترقيم صفحات المخطوطة .
١ — ٢٣ ترقيم فقرات المقالة أضيف من عند المحقّق .
⟨...⟩ زيادة من المحقّق حسبما يقتضيه منطق النصّ .
+ زيادة على النصّ .
— نقص من النصّ .

* انظر مقالنا « المناظرة بين المنطق الفلسفي والنحو العربي في عصور الخلفاء » التي وردت في هذه المجلة، المجلد الاول ، العدد الثاني ، ص ١٠٦–١١٨ ، وخاصة ص ١١٤–١١٥ .

نقدم جزيل شكرنا الى الاستاذ فؤاد سزكين الذي نبهنا الى مخطوطة هذه المقالة ، والى ادارة المكتبة التي تفضلت وزودتنا بصور المخطوطة .

[١] مقالة

يحيى بن عدي بن حميد بن زكريا

في

تبيين[١] الفصل بين صناعتي المنطق الفلسفي والنحو العربي

بسم الله الرحمن الرحيم[٢]

قال يحي بن عدى بن حميد بن زكريا :

١

إنّ غرضنا في كلامنا هذا تبيين[١] الفصل أو الفصول بين صناعتي النحو العربي والمنطق الفلسفيّ . والسبيل إلى معرفة الفصول المقوّمة[٢] لكل مطلوب ذي فصول تحليل حدّه ، إن كان قد تقدّم وجوده ، أو التقدّم في استخراج أجزائه إن لم يكن قد سبق استخراجها ، إذ كان كلّ حدّ حقيقيّ مشتملا لا محالة إمّا على جنس المحدود وإمّا على ⟨ما⟩ يقوم مقامه[٣] . وإن[٤] كان ذلك كذلك ، فمن البيّن أنّه ينبغي لنا أن نبتدىء بطلب أجزاء حدّ كل واحدة من هاتين الصناعتين ، إذ لم يقع إلينا حدّاهما[٥] .

٢

فنقول : إنّه ⟨إن⟩ كان هذان العلمان يوصفان بأنّهما صناعتان — فإنّ صناعة

عنوان (١) تبيين : تبين ، م
(٢) بسم الله الرحمن الرحيم : إضافة الناسخ المسلم
١ (١) تبيين : تبين ، م
(٢) المقوّمة : المقوية ، م
(٣) مقامه : مقامها ، م
(٤) وإن : وإذ ، م
(٥) حداهما : حدهما ، م

النحو العربي هي صناعة ما ، وكذلك صناعة المنطق الفلسفي هي أيضا صناعة ما — وكان هذا الوصف لازما لهما من جهة ما هما صناعتان ، وكان كلّ معنى [٢] تشترك فيه ذاتان مختلفتان ، إذ كان اشتراكهما فيه بماهيتهما لا بالعرض ، فهو جنس لهما : وجب ضرورة أن يكون معنى الصناعة جنسا لصناعة النحو (وإنّما أشير باسم النحو في سائر كلامي هذا إلى نحو العرب دون غيره فإيّاه فافهمْ عنّي) ولصناعة المنطق (وكذلك ينبغي أن تفهم عنّي باسم المنطق المنطق الذي هو أداة الفلسفة دون غيره) .

٣

ولمّا كان حدّ الصناعة هو القول أنّها قوّة فاعلة في موضوع(١) مع فكر صحيح نحو غرض من الأغراض ، وجب ضرورة أن يكون لهتين الصناعتين موضوع تفعل فيه وغرض تقصد إليه هو مفعولها ، وإن شئت فَقُلْ(٢) فعلها ، وهو ايضا غايتها ، وهذان المعنيان أعني الموضوع والغرض هما مقوّمان لذاتيهما .

٤

وإذا كان ذلك كذلك، فقد ظهر أنّه إنّما ينبغي لنا أن نطلب فصولهما من هذين المعنيين. وذلك أنّه يجب أن يكون اختلافهما إمّا بواحد من هذين وإما بهما جميعاً. فإنّ من الصناعات(١) ما تخالف غيرها من الصناعات(١) بموضوعها(٢) وغرضها جميعاً : كالفلسفة فإنّها تخالف الصناعات الأخَر بأنّ موضوعها خاصّ بها وهو جميع الموجودات سواها وبأنّ غرضها أيضاً خاصّ بها وهو إدراك حقائق الموجودات كلّها بما هي موجودات ؛ وليس في الصناعات ما غرضه ذلك غيرها . ومنها صناعات توافق بعض الصناعات الأخر في موضوعها [٣] وتخالفها بغرضها(٣) بمنزلة صناعة الرياضة من صناعة الطبّ ؛ وذلك أنّ موضوع هاتين الصناعتين موضوع واحد ، وهو بدن الإنسان ، وغرضاهما مختلفان ،

٣ (١) موضوع : موضع ، م
(٢) فقل : فعل ، م
٤ (١) ما ... الصناعات : م في الهامش (« صح »)
(٢) بموضوعها : موضوعها ، م
(٣) بغرضها : ويعرضها ، م

فإن[٤] غرض الرياضة إفادة بدن الإنسان التهيّؤ الملائم للصراع[٥] والمباطشة، وأما غرض الطبّ فإفادة الصحّة . ومنها صناعات توافق صناعات أخر في أغراضها وتخالفها في موضوعاتها بمنزلة الطبّ من البيطرة ؛ فإنّ الموضوع للبيطرة أجسام حيوان غير ناطق كالخيل مثلاً ، وأمّا الموضوع للطبّ فأبدان الإنس وغرض هاتين الصناعتين واحد وهو إفادة الصحّة . وليس يمكن أن يوجد صناعتان متّفقتان في ا[لموضو]ع[٦] والغرض جميعاً ، وذلك أنّهما حينئذٍ ليسا صناعتين بل صناعة واحدة بعينها .

٥

فإذ قد لخّصنا هذه المعاني فينبغي أن ننظر[١] بعد ذلك هل تتفق صناعة النحو وصناعة المنطق في أحد هذين وتختلفان بالآخر منهما ، أو تختلفان بهما جميعاً ، أو تتّفقان بهما جميعاً أيضاً .

والسبيل إلى ذلك أن نبتدئ فنبيّن ما الموضوع لصناعة النحو وما غرضها . فإنّا إذا علمنا ذلك ظهر لنا اتّفاقهما واختلافهما وحصلت لنا ماهيّتاهما[٢] الدالّ عليهما حدّاهما[٣] .

٦

فأقول إنّ الموضوع لصناعة النحو هو الألفاظ . وذلك يتبيّن[١] إذا نحن علمنا ما هو الموضوع للصناعة على الإطلاق ، فالموضوع للصناعة [٤] هو ما تفعل فيه الصناعة فعلها — فإن شئت فقل : مفعولها ؛ مثال ذلك أنّ الموضوع لصناعة النجارة هو الخشب ، وذلك أنّه هو الذي تفعل فيه فعلها أعني الذي تكسبه صورة السرير مثلاً أو صورة الباب أو غيرهما ممّا تفعله النجارة . وكذلك موضوع الصياغة الذهب أو الفضّة ، وهما اللذان

٤ (٤) فان : قال ، م
(٥) للصراع : الفراغ ، م
(٦) الموضوع] غير واضح في الأصل
٥ (١) ننظر : نظر ، م
(٢) ماهيتاهما : مهيتاهما ، م
(٣) حدهما : حداهما ، م
٦ (١) يتبين : مبين ، م

تفعل فيهما فعلها وهو اكتسابهما صورة الكأس أو الإبريق أو ما يشبههما . وكذلك موضوع صناعة البناء هو الحجارة واللبن وهما اللذان تفعل فيهما فعلها وهو تركيبهما[(٢)] ضرباً من التركيب يتمّ به صورة البيت .

٧

فإذ كان الموضوع للصناعة هو الشيء الذي تفعل فيه فعلها ، فالموضوع إذاً لصناعة النحو ما تفعل فيه ، ومن البين أنّ فعلها هو أن تضمّ الألفاظ وتفتحها وتكسرها وبالجملة أن تحرّكها حركات ما أو تسكنها سكوناً ما بحسب ما تحرّكها وتسكّنها العرب . وإذ كان فعل النحو تحريكاً ما وتسكيناً ما وكان هذان إنّما هما في الألفاظ ، إذاً هي موضوع النحو .

٨

فقد تبيّن ما موضوع صناعة النحو ؛ فأمّا غرضها ، فيتبيّن إذا نحن علمنا ما غرض الصناعة على الإطلاق — وإن شئت فقُلْ : فعلها أو مفعولها ، وإن شئت فقل : غايتها . فإنّ غرض الصناعة هو الذي تقصده وهو أيضاً فعلها من قبل أنه هو الذي تُحدثه في موضوعها وهو أيضاً غايتها من قبل أنّه [٥] الذي إذا انتهت اليه سكنت عن حركتها . مثال ذلك أنّ غرض صناعة الطبّ إنّما هو الصحّة ، وذلك أنها هي المقصودة منها وهي التي تُحدثها في موضوعها وهو بدن الإنسان وهي التي إذا انتهت إليها سكنت عن حركتها .

٩

وإذ قد لخّصنا ذلك فلننظر ما الذي تفعله صناعة النحو في الألفاظ التي هي موضوعها . فإنّا نجد ذلك هو ضمّها إيّاها وفتحها وكسرها وبالجملة تحريكها وتسكينها بحسب تحريك وتسكين العرب إيّاها . فإنّ ذلك هو الذي تقصده وهو الذي تحدثه فيها وهو الذي إذا انتهت إليه سكنت عن حركتها . والدليل على ذلك أنّ الفرق بين الألفاظ المعرّبة والألفاظ غير المعرّبة هو أنّ تلك محرّكة أو مسكّنة بحسب ما تحرّكها وتسكّنها العرب ، وهذه ليس تحريكها وتسكينها موافقاً لتحريك وتسكين العرب إيّاها .

٦ (٢) تركيبهما : تركبها ، م

١٠

فلا يغلّطنّك قصد النحويّين بالألفاظ الدالّة على المعاني وإيجابهم فتحاً أو ضمّاً أو كسراً أو غير ذلك من حركاتها أو سكونها من قبل المعاني التي تدلّ عليها ، وذلك أنّهم يضمّون الألفاظ الدالّة على الفاعلين وينصبون(١) الدالّة على المفعول بهم. وهذا فهم مشبّه موهم أنّ قصد صناعتهم الدلالة على المعاني ، فيحملك ذلك على أن تعتقد أنّ [٦] غرض صناعة النحو هو المعاني .

١١

وذلك أنّه لو كان نظرها في المعاني لم يَعْدُ أنّ يكون نظرها فيها إمّا على أنّها موضوعات لها كالخشب للنجارة وإمّا على أنّها غرضها بمنزلة صورة السرير للنجارة . وليس يمكن أن يكون نظرها في المعاني على أنّها موضوعاتها ، وذلك أنّه لو كانت موضوعاتها لوجب أن تكون هي القابلة لفعلها(١) الذي هو على ما بيّنا تحريك ما وتسكين ما . ومن البيّن أنّ النحوي إذا قال « ضَرَبَ عَمْرٌو زَيْداً » فرفع « عمرو » ونصب « زيدا» وهما غرضا صناعته ، لم يُحدث في المعاني التي يدلّ عليها بهذه الألفاظ برفعه ما رفع ولا بنصبه ما نصب تغيّراً البتة — هذا مع بلوغه غاية صناعته . ولو كانت المعاني هي الموضوعة لصناعته لوجب أن تتغيّر ، إذا فعل النحوي فيها ما من شأنه أن يفعله ، عمّا كانت عليه قبل أن يفعل ذلك — إذ كانت صناعة النحو ليست من الصناعات العلمية فقط بل هي فعلية أيضاً ، كما أنّ الخشب الموضوع للنجارة تغيّر(٢) لا محالة ، إذا فعل فيه النجّار صورة السرير ، عمّا كان عليه قبل ذلك ، وكما أنّ هذه الألفاظ الثلاث التي أتينا بها أمثلةً وهي « ضربَ عمروٌ زيداً »(٣)، إذا رفع النحوي منها ما من شأنه ⟨أن يضمّه ونصب منها ما من شأنه⟩ أن يفتحه ، [٧] تغيّرت عن أحوالها ⟨كانت عليها⟩ قبل أن يفعل ذلك فيها . ففي ثبات المعاني — بعد فعل النحوي ما من شأنه ⟨أن⟩ يفعله بما هو نحوي وبلوغه غايته في

١٠ (١) وينصبون : ووينصبون ، م
١١ (١) لفعلها : لفعله ، م
(٢) تغير : تتغير ، م
(٣) زيدا : + تتغير ، م

ذلك — على أحوالها كانت قبل ذلك أوّل دليل على أنّها ليست موضوعات صناعة النحو ، إذ قد تبيّن أنّ موضوع كلّ واحدة من الصناعات الفعليّة هو الذي يقبل فعلها ، ومن البيّن أنّه إذا قبل فعلها تغيّرت حاله عمّا كانت عليه قبل قبوله إيّاه .

١٢

ولو كان نظرها في المعاني على أنها أغراضها وأفعالها وغاياتها ، لوجب أن تكون المعاني هي التي يُحدثها النحوي إذا يفعل(١) فعله الذي من شأنه أن يفعله من جهة ما هو نحوي، حتّى تكون ذات زيد وذات عمرو(٢) وذات الضرب إنّما تحدث عن فعل النحوي . واستحالة هذا من الظهور بحيث لا يشكّ فيها من صحّ عقله البتة .

١٣

وإذ قد تبيّن أنّه لا يجوز أن تكون المعاني موضوعات لصناعة النحو ولا غرضها ، فمن البيّن أنّها ليست من صناعة النحو . وإن كان النحوي قد يقصد القول 〈 الدالّ أو 〉 الدلالة على المعاني ، فإنّ ذلك منه ليس من جهة ما هو نحوي بل من جهة ما هو معبّر عمّا في نفسه بالقول ، إنما هو العبارة عن المعاني .

١٤

والدليل عـلى ذلك أنّه لو كان قصد الدلالة أو الدلالة [٨] بالألفاظ على المعاني للنحوي من جهة ما هو نحوي ، لوجب أن لا يكون أحد ممّن يقول قولا غير مُعْرب قاصدا للدلالة ولا دالاً على المعاني — ودالّين عليها ويفهم عنهم ما يدلّون عليه ويشيرون(١) بأقاويلهم اليه . فإن قال قائل إنّ القائل « ضرب أخوك أبوك » وإن كان قاصداً للدلالة ، لم يدلّ على المعنى ولا يجوز أن يفهم مراده إذ كان لا فرق في قوله بين الفاعل والمفعول به ؛ لزمه أن يكون من قال قولاً مؤلّفاً من أسماء مشتركة ، وإن كان معرباً لها على حقيقة إعرابها ، غير دالّ(٢) : مثال ذلك قول قائل لو قال « إنّ العين متحرّكة » ، وذلك أنّه

١٢ (١) يفعل : يحل ؛ م
(٢) عمرو : عمر ، م
١٤ (١) ويشيرون : ويسيرون ، م
(٢) غير دال ، م ، في التكرار (انظر التعليق التالي) : — ، م ، في هذا الموضع

لمّا كان قاصداً للدلالة لم يدلّ على المعاني(٣) ، (لأنّ) كلّ واحد من هذين الاسمين يدلّ على معانٍ كثيرة ، وليس فيه ما يميّز(٤) بين المقصود منها (و) غير المقصود ، إذ كان اسم « العين » يدلّ على آلة البصر وعلى محض الشيء وعلى العين الجرّارة وعلى أحد حروف الهجاء ، وكذلك « متحرّكة » تدلّ على المتحرّكة [٩] الحركة المكانيّة وعلى المتحرّكة حركة نموّ ونقص والمتحرّكة حركة استحالة ، ولم يكن في هذا القول(٥) ما يدلّ على المعنى المشار إليه من معاني هذين(٦) الاسمين ، ولذلك لا يفهم محصّلاً . ولو كان القول الذي ( )(٧) يفهم محصّلا ، بحسب ما وضع المانع من أن يكون القائل « ضرب أخوك أبوك » دالاّ على المعنى ، ليس بدالّ على المعنى ، (لقد كان قول النحوي أيضا ليس بدالّ على المعنى) وإن أعرب قوله بحسب ما توجبه صناعته ، إذا كان قوله محتملا أن تفهم منه معانٍ شتّى غيرَ دالّ على المعنى .

١٥

فإن(١) جاز أن يكون من لا يُعرب أيضا دالاً على المعنى في القول الذي لا يُعربه ، وإن كان ممكنا فيه أن يفهم منه معانٍ شتّى – ومع هذا فليس كلّ كلام غير معرب لا يفهم معناه : فإنّ قائلا لو قال « كانَ زيداً في الدارُ » ، فنصب « زيداً » وموضعه عند النحويّين رفع ورفع « الدار » وموضعها عندهم خفض ، لقد كان يفهم من ذلك المعنى الذي يشير اليه مثل ما يفهم من هذا القول(٢) لو أُعرب حقّ إعرابه. ولو كان القصد إلى الدلالة والدلالة على المعاني للنحوي من جهة ما هو نحوي ، لما أمكن أن يوجد غير النحوي قاصدا إلى الدلالة على المعاني + والدلالة(٣) عليها للنحوي من جهة ما هو نحوي +(٤) .

(٣) المعنى ، م في الهامش : المعاني ، م // + ولا يجوز ... قائل (= س ٥ – ٧) ، م (تكرار لما سبق)
(٤) يميز : تميز ، م
(٥) هذا القول : هذ القول ، م
(٦) هذين : هذ ، م
(٧) الذي < > يفهم] سقط منه حرف النفي، ولعل الصحيح : الذي < يفهم منه معان شتى ولا > يفهم

١٥ (١) فان : وان ، م
(٢) هذا القول : هذ القول ، م
(٣) والدلالة : والداله ، م
(٤) + ... +] تكرار لما سبق لا يطابق منطق الاستدلال .

١٦

وممّا تبيّن به أنّه ليس قصد النحوي بالألفاظ الدالّة [١٠] على المعاني بموجب أن تكون المعاني هي غرض صناعته : أنّه ليس كلّ ما يقصده الصانع بصناعته هو لا محالة غرض صناعته . وذلك أنّ النجّار قصده بعمل(١) السرير أو الباب إما الكسب وإمّا نوع(٢) آخر من أنواع المنافع كحفظ المال مثلاً وما(٣) أشبه ذلك ، إذ كان كلّ عامل شيء فإنّما يعمله لخير ما؛ ولو كان كلّما يقصده صانع ما إنّما يقصده لأنه جزء من الأجزاء المقوّمة لذات صناعته ، لوجب أن يكون الكسب جزءاً(٤) من الأجزاء المقوّمة لصناعة النجّار القاصد الكسب بها وذلك يكون جزءا من الأجزاء المقوّمة لكلّ صناعات الصنّاع في زماننا هذا أو أكثرها إذ كانوا أو أكثرهم ليس أغراضهم في صناعاتهم سواه .

١٧

ويظهر ظهوراً بيّناً أنّ صناعة النحو ليس نظرها في المعاني من قبل أنّها ليس إنمّا تعرب وتفعل في الألفاظ الدالّة على المعاني فقط دون الألفاظ غير الدالّة . وذلك أنّ النحوي يعرب « زيداً » إذا نادى به ، وهو لفظة دالّة ، بالإعراب بعينه الذي يُعرب به « صحيح» مثلاً وهي لفظة لا معنى تحتها إذا(١) نادى بها ، وذلك أنّه يرفع هذه كلّما رفع تلك .

١٨

وإذ قد بيّنّا ما موضوع صناعة النحو وما غرضها وهما فصلاها(١) المقوّمان لذاتها ، فلنضفهما(٢) إلى جنسها ليتمّ بذلك حدّها [١١]فنقول : إنّ حدّ صناعة النحو هو صناعة تعنى بالألفاظ لتحرّكها وتسكّنها(٣) بحسب ما تحرّكها وتسكّنها العرب .

١٦ (١) بعمل : يعمل ، م
(٢) نوع : النوع ، م
(٣) وما : ولا ، م
(٤) جزءا : جزء ، م
١٧ (١) اذا : اذ ، م
١٨ (١) فصلاها : فضلاها ، م
(٢) فلنضفهما : فلنصفهما ، م
(٣) وتسكنها : وتسكينها ، م

١٩

فأمّا صناعة المنطق فإنّ موضوعها على القصد الأوّل هو الألفاظ الدالّة ، وليس كلّ الألفاظ الدالّة بل الألفاظ الدالّة على الأمور الكلّيّة التي هي إمّا أجناس وإمّا فصول وإمّا أنواع وإما خواصّ وإمّا أعراض كلّيّة ؛ وغرضها(١) تأليف الألفاظ الدالّة تأليفاً موافقا لما عليه الأمور المدلول عليها بها .

٢٠

فأمّا أنّ موضوع الصناعة المنطقيّة على القصد الأوّل هو الألفاظ وليس كلّ الألفاظ بل الدالّة منها خاصّةً فتبيّن من قبل أنّ أحد المعاني المقوّمة لذات البرهان ، الذي هو غرض المنطق ، هو أنّه صادق ، على ما تضمّنه حدّه ، ومن البيّن أنّ الصدق هو موافقة الدالّ المدلول عليه ومشابهته إيّاه . ولست أعني أنّ ذات القول مشابهة لذات الأمر الذي هو دالّ عليه ، بل أنّ مشابهته إيّاه بالعرض وهو التواطؤ الذي عرض(١) للفظ فصار به (معبّرا)(٢) عن الأمر وقائماً مقامه في إشهاد المخاطَب معناه وإحضاره(٣) إيّاه . وإذا كان الصدق إنّما هو مشابهة(٤) القول الدالّ الأمرَ المدلولَ عليه ، وكان القول مؤلّفاً من الألفاظ [١١ ب] الدالّة ، وذلك أنّ اللفظ غير الدال لا يجوز أن يكون مشابهاً لمدلول عليه به ، إذ كان ليس بمدلول به على شيء البتّة — فمن البيّن أنّ الصدق لا يكون في الألفاظ غير الدالّة . وإذا كان ذلك كذلك وكان البرهان لا محالة صادقاً ، فمن البيّن أنّه لا يمكن أن يكون في الألفاظ غير الدالّة ، فقد يلزم إذاً ضرورة أن يكون في الألفاظ الدالّة .

٢١

وأمّا أنّ موضوعها هو الألفاظ الدالّة على الأمور الكلّيّة ، فيتبيّن من قبل أنّه إذ كان قد ظهر أنّ البرهان إنما هو في الألفاظ الدالّة ، وكانت كلّ لفظةٍ دالّةٍ لا يخلو من أن تدلّ على معنى جزئيّ أو على معنى كليّ ، وكان البرهان

١٩ (١) وغرضها : وعرضها ، م
٢٠ (١) عرض : غرض ، م
(٢) معبرا : نا ، م
(٣) إحضاره : اختصاره ، م
(٤) مشابهة : مشابهته ، م

قياساً يقيناً وكلّ قياس يقين(١) عارياً من الشبه خالصاً من الشكوك ، وكلّ خالص من الشبه مميّزاً منها منحازاً عنها ، والمنحاز محدود ، فكلّ معلوم إذاً بالبرهان محدود ، والمحدود متيقّن) ولا واحد من الجزئيّات متيقّن ؛ فلا(٢) واحد إذاً من الجزئيات مبرهن ، وأنا أعني بالمبرهن ها هنا ما من شأنه أن يقبل صورة البرهان ، وإن لم يكن قد قبلها ؛ وكل موضوع لصناعة المنطق مبرهن : فلا(٣) واحد إذاً من الجزئيات موضوع(٤) لصناعة [١٢] المنطق . فالموضوع إذاً لصناعة المنطق هو الألفاظ الدالّة على الأمور الكليّة .

٢٢

وقد يتبيّن أيضاً أنّ موضوعها هو الألفاظ الدالّة بما أنا قائله أيضاً ، فأقول : إنّه من المُقَرّ به أنّ غرض صناعة المنطق هو البرهان ، والبرهان هو قياس ما — يعرضها إذاً قياس ما ، والقياس قول ما — يعرضها إذاً قول ما ، وحدّ القول « لفظ دالّ الواحد(١) من أجزائه قد يدلّ على انفراده على طريق أنّه لفظة لا على طريق أنّه إيجاب »* ، فيعرضها(٢) إذاً لفظ ذو أجزاء هي الألفاظ الدالّة . ومن البيّن أنّ كلّ ذي أجزاء هو مؤلّف من أجزائه ؛ فالقول إذاً مؤلّف من أجزائه وأجزاؤه هي الألفاظ الدالّة فهو إذاً من الألفاظ الدالّة ، فالألفاظ إذاً الدالّة هي التي تفعل صناعة المنطق(٣) فيها غرضها(٤) ، وما تفعل فيه الصناعة غرضها(٥) هو موضوعها . فالألفاظ الدالّة إذاً هي موضوع صناعة المنطق .

٢٣

وأمّا أنّ غرضها(١) هو تأليف هذه الألفاظ تأليفاً يوافق ما عليه الأمور المدلول عليها بها ، فيتبيّن(٢) على هذا النحو : لمّا كان قد تبيّن أن موضوع صناعة المنطق ، وهو

٢١ (١) يقين : يقيني ، م
(٢) فلا : قولا ، م
(٣) فلا : قولا ، م
(٤) موضوع : موضوعا ، م
٢٢ (١) الواحد : لواحد ، م
(٢) فيعرضها : فغرضها ، م
(٣) المنطق : للمنطق ، م
(٤) غرضها : عرضها ، م
(٥) غرضها : عرضها ، م
٢٣ (١) غرضها : عرضها ، م
(٢) فيتبين : فتبين ، م

* ارسطاطاليس ، كتاب العبارة ١٦ ب ٢٦ – ٢٨ (ترجمة اسحق بن حنين)

الذي تفعل فيه صورة البرهان التي هي غرضها(٣)، هو الألفاظ الدالّة على الأمور [١٣] الكلّيّة ؛ وكانت الألفاظ في نفسها ليست مؤلّفة من أجزاء إذا تألّفت أمكن أن تكون صادقة إذ كانت أجزاؤها غير دالّة ، وكان البرهان بالضرورة صادقاً ، والصدق لا يمكن أن يوجد في الألفاظ المفردة كقولك « الإنسان » على الانفراد و « موجود » على الانفراد — وجب ضرورة أن تكون صناعة المنطق تؤلّف هذه الألفاظ بعضها مع بعض . ولأنّ الصدق ليس يلزم أيّ تأليف اتّفق من تأليفات هذه الألفاظ ، بل إنّما يلزم تأليفاً ما منها دون غيره ، فمن البيّن أنّ صناعة المنطق أيضاً ليس تؤلّف موضوعها الذي هو الألفاظ الدالّة أيّ تأليف اتّفق ، بل التأليف الذي يلزمه الصدق ، وهو الموافق(٤) لما عليه الأمور التي هو دالّ عليها . وقد تبيّن أنّ ما تفعله كلّ صناعة في موضوعها هو غرضها(٥) ، فتأليف الألفاظ الدالّة على الأمور الكلّيّة إذاً تأليفاً موافقاً(٦) لما عليه الأمور التي يُدلّ عليها بها ، هو غرضها(٧) .

٢٤

وهذان هما فصلاها(١) المقوّمان لذاتها ، فلنؤلّف منهما(٢) ومن جنسها حدّها . فنقول إنّ حدّ صناعة المنطق هو قولنا : [١٤] صناعة تعنى بالألفاظ الدالّة على الأمور الكلّيّة لتؤلّفها تأليفاً موافقاً لما عليه الأمور التي هي دالّة عليها .

٢٥

فمن هذا الحدّ ومن حدّ صناعة النحو الذي قد تقدمتْ إبانتنا إيّاه ، وهو صناعة تعنى بالألفاظ لتحرّكها وتسكّنها بحسب تحريك وتسكين العرب إيّاها ، تتبيّن الفصول الفاصلة بينهما ، وأنّ هاتين الصناعتين مختلفتا الموضوعين والغرضين(١) . وذلك(٢) أنّ(٣) موضوع صناعة المنطق هو الألفاظ الدالّة لا الألفاظ على الإطلاق ، ومن الألفاظ الدالّة

٢٣ (٣) غرضها : عرضها ، م — (٤) الموافق : الموافق عليه ، م
(٥) غرضها : عرضها ، م — (٦) تأليفا موافقا : تأليف موافق ، م
(٧) غرضها : عرضها ، م
٢٤ (١) فصلاها : فصلاهما ، م — (٢) منهما : منها ، م
٢٥ (١) والغرضين : والعرضين ، م
(٢) وذلك : وذاك ، م
(٣) ان] + موضوعين والعرضين وذاك أن ، م

على الأمور الكلّيّة دون الدالّة على الأمور الجزئية ؛ وموضوع صناعة النحو هو الألفاظ على الإطلاق الدالّة منها وغير الدالّة ، لا الدالّة فقط . وغرض(٤) المنطق هو تأليف الألفاظ التي هي موضوعها تأليفاً يحصل به الصدق ؛ وغرض صناعة النحو تحريك الألفاظ وتسكينها بحسب تحريك وتسكين العرب إيّاها . فهذان فصلان فاصلان بين هاتين الصناعتين. فقد تبيّن الخلاف بينهما وهو ما أردنا .

٢٥ (٤) وغرض : وعرض ، م

كتاب مفتاح الحساب للكاشي

تحقيق الأستاذ
نادر النابلسي

من سلسلة الكتب العلمية التي تنشرها وزارة التعليم العالي السورية
(مطبعة جامعة دمشق – ١٩٧٧)

١ ١ ١١ – هذا تحقيق ينطوي على جهد دائب صبور وضع بين يدي قراء العربية نصاً محققاً لكتاب من أعظم كتب الرياضيات في العصر الاسلامي ، ذلك هو كتاب مفتاح الحساب لغياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي المتوفى سنة ١٤٢٩ م .

وليس كتاب مفتاح الحساب مجهولا لدى المختصين ، فقد نشر لوكي عنه دراسات كانت هي الأساس الذي بنيت عليه مكانة لوكي بين مؤرخي الرياضيات .

وعن إحدى طرق الكاشي في استخراج الجذور كتب عبد القادر الداخل رسالة ماجستير قدمها لدائرة الرياضيات في الجامعة الاميركية في بيروت وقارن بها بين طريقة الكاشي وطريقة هورنر ورفيني المعروفة .

ولقد كان كتاب الكاشي أحد الكتب التي اعتمدها أحمد سعيدان في دراسته المقارنة لكتاب الفصول في الحساب الهندي التي تابع بها تطور العمليات الحسابية في العالم الاسلامي .

ولعل أهم ما كتب حتى اليوم عن الكاشي وكتابه الدراسات والتعليقات التي كتبها بالروسية يوشكيفش وروزنفيلد مع نشرة مصورة لإحدى مخطوطات كتاب الكاشي .

وبعد صدور هذه النشرة قام السيد أحمد سعيد الدمرداش والدكتور محمد حمدي الحفني بطبع الكتاب، ولكن الطبعة لم ترتفع الى مستوى التحقيق العلمي الواثق الصبور .

٢ــ جاء كتاب الاستاذ نادر النابلسي في زهاء ٧٦٠ صفحة موزعة على النحو التالي :

١٥ صفحة : مقدمات تضم تقديماً قيماً للدكتور عبد الكريم اليافي .

١٥ صفحة : ترجمة جيدة لمقدمة يوشكيفش وروزنفيلد في نشرتهما للكتاب .

أما النص فيأتي في الصفحات ٣٦ الى ٥٨٧ ويتخلل هذه الصفحات شروح وتحقيقات .

يلي ذلك فصول جعلها المحقق تحت عنوان صفحات نيرة . وتضم هذه الفصول ما يلي :

١ ــ مقارنة بين الاقليدسي والكاشي من حيث استعمالهما للكسور العشرية .

٢ ــ مقارنة طريقة الكاشي بطريقة هورنر ورفيني .

٣ ــ تطور صور الأرقام الهندية .

٤ ــ فهارس وتصويبات .

وينتهي الكتاب بتلخيص بالفرنسية يعرض فيه المحقق في ٦٧ صفحة مجمل ما حصل عليه من آراء لا سيما حول استعمال الكاشي للكسور العشرية واستخراج الجذور .

٣ــ ولكتاب الكاشي نسخ عدة في مكتبات لايدن وبرلين والأستانة ولننغراد والقاهرة ودمشق وسواها .

ولقد اختار يوشكيفش وروزنفيلد للتصوير مخطوطة لايدن فاعتمدها الدمرداش والحفني بالإضافة الى مخطوطة الخزانة التيمورية في القاهرة . وأما الاستاذ النابلسي فقد رأى أن يعتمد بالإضافة الى هاتين مخطوطة المكتبة الظاهرية في دمشق . وقد كتبت سنة ١١٠٢ هـ نقلاً عن مخطوطة كتبت سنة ٨٨٩ .

ولو أن الاستاذ النابلسي اكتفى بقوله أنه رأى أن يعتمد مخطوطة المكتبة الظاهرية بالإضافة الى النصين المصور والمطبوع لتلقينا جهده شاكرين ولما وجدنا سبيلاً إلى

معارضة أو اعتراض ولكنه حيّاه الله راح يدافع عن اختياره بحجة أن المخطوطة التي اختارها انما هي أقدم مخطوطة لدينا للكتاب بالرغم من أنها نسخت سنة ١١٠٢ هـ .

إذن فقد حقّ لنا أن نذكر رداً على ما يقوله الاستاذ النابلسي أنه لم يستنفذ كل ما وصل إلينا لمفتاح الحساب من مخطوطات. فالمخطوطة ٢٩٦٧ في مكتبة نور العثمانية في الأستانة كتبت سنة ٨٥٤ هـ نقلاً عن مخطوطة المصنف نفسه . ولقد أشرتُ الى ذلك في تحقيقي لكتاب الاقليدسي الذي قرأه الاستاذ النابلسي واقتبس منه ، ولا أدري لماذا أغفل حيّاه الله هذه المخطوطة وان لها مزايا جمة من جملتها وضوح الأشكال الهندسية التي اختلطت عنده حتى لم نعد نجد ما يميز المنحرف القائم عن غيره ، على سبيل المثال ، هذا فضلاً عن دقة جداولها .

بقي أن نهمس في أذن الاستاذ النابلسي أننا نحن نقرأ المخطوطات القديمة بحثاً عن قيم تاريخية ، أما السابقون فكانوا يقرأونها للدراسة فكان الناسخ يضطر الى تعديل صور الأرقام مثلاً حسب الأشكال الدارجة والرائجة ولذا نجد هذه الصور تختلف من نسخة إلى نسخة وإن يكن الناسخ قد يدعي أنه طابق ورقة بورقة وسطراً بسطر .

٤ـ وقد يتبع المحقق أحد منهجين . فقد يقدم نصاً محققاً موثوقاً اعتماداً على ما يستطيع أن يصل إليه من نسخ ، ثم هو يترك لكل قارىء أن يعقد حول هذا النص ما يشاء من دراسات .

وقد يقدم مع النص المحقق دراسات ومطالعات يختمها بآراء واجتهادات كما فعلت في تحقيقي لكتاب الاقليدسي .

ولقد اختار الاستاذ النابلسي المنهج الأول . غير أنه حرص على أن يقدم للقارىء المزيد من النفع والفائدة فترجم له مقدمة يوشكيفش وروزنفيلد لنشرتهما ولخص له بحث عبدالقادر الداخل عن استخراج الجذور . وبالإضافة الى ترجمة من كتاب سمرقندي وآخر فرنسي لخص له ما جاء في كتابي عن الاقليدسي حول الكسور العشرية والتقريب.

إنه يجمع المواد المبعثرة فيقرب ذات بينها ثم يترك للقارىء أن يحكم دون أن يورط هو نفسه في حكم يجد بأمانته العلمية أنه لم يستوفِ أسبابه .

٥ ــ والتحقيق يقتضي شرح ما يبدو في النص غامضاً أو تقديم برهان أو تبرير لما يرد في النص بلا دليل يؤيده . وان المحقق ليحار أيزحم النص بهوامش يضع فيها الشرح والبرهان أم هو يأتي بما يشاء من شروح وبراهين في فصول لاحقة . إني شخصياً أوثر أن أعطي قارئي نصاً لا يعترضه من الحواشي والهوامش الا أقل القليل ، فاذا هو فرغ من النص أو وجد الحاجة الى الشرح بحث عن ضالته في الصفحات الأخيرة من الكتاب . ولكن الأستاذ النابلسي اختار المنهج الآخر فجعل الشروح والبراهين تمشي مع النص حتى اذا هو استطرد في برهان افتقد القارىء النص في ما يقرأ فوجده بعد صفحات وقد يختلط عليه الأمر فلا يكاد يميز نص الكاشي من شرح النابلسي إلا بعد لأي .

رغم هذا كله ومع هذا كله يبقى عمل الاستاذ نادر النابلسي جهداً مشكوراً لأنه جهد محقق صبور غير أني لا أملك الا أن أشير الى هفوة ما كنت لأذكرها لو لم تتكرر عنده مرتين :

هنالك أبو الوفاء البوذجاني ، وهنالك أبو الريحان البيروني . أما أبو الوفاء البيروني فاسم يحتاج الى تعريف .

أحمد سليم سعيدان

كلية العلوم
الجامعة الأردنية
عمان

ملخصات الأبحاث المنشورة في القسم الأجنبي

فحص معدني لشفرتين مصنوعتين من الفولاذ الدمشقي

جيرسي بياسكوفسكي

يعرض هذا البحث نتائج دراسة شاملة لنموذجين من الفولاذ الدمشقي حيث تم الحصول عليهما في دمشق عام ١٩٧٥ بواسطة قطع عينتين من شفرتي سيفين . ولقد أخضعت العينتان إلى الفحص بواسطة مجهر الكتروني وآخر معدني وإلى عملية تشتيت بالأشعة السينية وإلى تحليل كيميائي . وقد أسفرت الاختبارات عن وجود محتوى كبير غير معدني في قفا كلّ شفرة . ولم يحدث أن وصفت تلك المحتويات من قبل الباحثين السابقين .



تكنولوجيا الحديد والفولاذ في المصادر العربية

أحمد يوسف الحسن

١ – مقدمـــة :

يهدف هذا البحث الى ايراد بعض النصوص العربية التي لم تنشر سابقاً أو التي نشرت ولكنها لم تحظ بالدرس والتحليل الكافيين حول صناعة الحديد والفولاذ في الحضارة العربية الاسلامية .

ففي الفقرة الاولى من البحث مقتطفات من رسالة الكندي تحدد مراكز صناعة

الفولاذ والسيوف . وفي الفقرة الثانية مقتطفات من البيروني يصف فيها صناعة فولاذ البوتقة الدمشقي . وفي الفقرة الثالثة نص من الجلدكي يصف فيه صناعة الحديد الصب والفولاذ المصبوب أو المسكوب . وتتوالى الفقرات والمقتطفات حيث تنتهي النصوص بانتهاء الفقرة السابعة .

ولا يهدف البحث الحالي إلى التوصل إلى استنتاجات تكنولوجية نهائية ولكن النصوص المعطاة تثبت بما لا يقبل الشك بطلان الفكرة الشائعة في الغرب بأن الفولاذ الدمشقي كان يصنع في الهند فقط ، كما يثبت بطلان الزعم القائل بأن دمشق لم تكن مركزا لصناعة الفولاذ .

وتحدد الفقرة الثامنة مراكز مناجم الحديد في المنطقة المجاورة لدمشق وفي هذه الفقرة اثبات لاستمرار صناعة الحديد في هذه المنطقة حتى العصور الحديثة .

٢ ـ الكندي ومراكز انتاج الفولاذ :

يورد البحث مقتطفات عديدة من رسالة الكندي « رسالة إلى بعض اخوانه في السيوف » . وهذه المقتطفات تبين أنواع الحديد : المعدني والمصنوع (أي الذي ليس بمعدني) . وكذلك أنواع الحديد المصنوع (أي الفولاذ) . ثم تبحث المقتطفات في كل نوع من أنواع الفولاذ على حدة . ومن هذه المقتطفات يتبين أن مراكز صناعة الفولاذ كانت موجودة في أماكن متعددة من البلاد العربية والاسلامية بما في ذلك دمشق .

٣ ـ البيروني وفولاذ البوتقة الدمشقي :

أورد البحث مقتطفات من كتاب « الجماهر في معرفة الجواهر » للبيروني حيث يصف البيروني (نقلاً عن مزْيَد بن علي الحداد الدمشقي) وصفاً هاماً لصناعة فولاذ البوتقة الدمشقي .

٤ ـ الجلدكي يصف صناعة الحديد الصب والفولاذ المسكوب :

ويورد البحث نصاً منقولاً عن مخطوطة «كتاب الحديد » لجابر بن حيان (تشستربيي رقم ٤١٢١) . ويظن أن هذا النص هو للجلدكي في شرحه لكتاب الحديد . وهو نص

بالغ الأهمية بالنسبة لمؤرخي علم المعادن . اذ يصف الجلدكي طريقة صناعة الحديد الصب من خامات الحديد الترابية ، كما يصف أيضا طريقة صناعة الفولاذ وصهره سائلاً في قوالب باستخدام الحديد الصب كمادة أولية .

٥ – مساكب الحديد في دمشق :

ثم يورد البحث نصوصاً تدل على وجود مساكب الحديد في دمشق وعلى وجود دوائر حكومية مسؤولة عن مساكب الحديد في دمشق أيام الايوبيين .

٦ – التمييز بين الفولاذ الدمشقي والفولاذ الهندي في المصادر العربية :

أورد البحث نصين هامين احدهما من كتاب « المختار في كشف الأسرار » للجوبري والثاني من كتاب « معالم القربة في أحكام الحسبة » لابن الأخوة . وقد ورد في النص الأول أن الفولاذ الدمشقي والفولاذ الهندي يستخدمان لصناعة السيوف ، كما ورد في النص الثاني تحذير من أن بعض المدلسين يخلطون الأبر المصنوعة من الفولاذ الدمشقي بالأبر المصنوعة من الحديد الطري .

٧ – الفرند أو الجوهر :

تشرح هذه الفقرة أن السيوف المصنوعة من الحديد غير المعدني (أي الفولاذ المصنوع) تتميز بالفرند أو الجوهر ، وتشمل هذه الفقرة على نص طريف للبيروني يفسر فيه أسباب ظهور الفرند .

٨ – مناجم الحديد في جبال لبنان (القريبة من دمشق) :

أوردت المصادر العربية (كالمقدسي والأدريسي وابن بطوطة والانطاكي) أن خامات الحديد كانت تستخرج من مناجمها في بلاد الشام (في جبال لبنان القريبة من دمشق) وأن الحديد كان يصنع من هذه الخامات .

كما تورد هذه الفقرة شواهد من رحالة غربيين زاروا بلاد الشام في القرن الثامن عشر والتاسع عشر والعشرين ورأوا مناجم الحديد ومعامل صهر الحديد في جبال لبنان .

٩ ــ استنتاجات أخيرة :

لقد أورد البحث جزءاً صغيراً فقط من الشواهد التي اشتملت عليها المصادر العربية عن تكنولوجيا الحديد والفولاذ . وهذه المقتطفات والشواهد تثير السؤال التالي : كيف نشأ هذا الظن في الغرب بأن دمشق كانت مركزاً تجارياً فقط لتوزيع الفولاذ الدمشقي؟

ويبدو أن الجواب على هذا السؤال هو كما يلي : عندما بدأت الثورة الصناعية في الغرب في مطلع القرن التاسع عشر حاول صناع الفولاذ الغربيون تقليد النصال الدمشقية . وكانت هذه النصال تصنع في القرن التاسع عشر من الفولاذ الهندي المعروف باسم فولاذ « ووتز » الذي كانت بريطانيا تستورده من الهند . ومن الطبيعي أن تتجه الأبحاث في القرن التاسع عشر إلى تلك المناطق التي كان يستورد منها ذلك الفولاذ وعلى الأخص الهند . وهكذا أهمل الباحثون في القرن التاسع عشر دور سورية والبلدان الاسلامية الاخرى .

ولقد جاء البحث الحالي بالشواهد العديدة الكفيلة بتبديد الزعم المشار إليه . فالفولاذ الدمشقي كان يصنع في دمشق من الخامات المحلية ، كما أنه كان يصنع أيضاً في العديد من الأقطار الاسلامية حتى العصور الحديثة .



جداول ڤرياقس الفلكية

جورج صليبا

لقد ظهرت في السنوات الأخيرة عدة دراسات تعالج أساليب حساب الجداول الفلكية في العصور الاسلامية الوسيطة . وقد انحصرت هذه الدراسات بجداول الشمس والقمر لأن هذين النيرين يشكلان في الدرجة الاولى صورة هيئة مستقلة عن الكواكب الاخرى وتستقل هيئة الواحد منهما عن هيئة الآخر في الدرجة الثانية . لذلك بقيت جداول الكواكب الأخرى مهملة إلى الآن .

تعالج في هذا المقال طريقة حساب جداول الكواكب الباقية ما عدا عطارد لأن صورة أفلاك هذا الكوكب تختلف عن صورة أفلاك الكواكب الأخرى حسب هيئة بطلميوس التي كانت هي الاخرى تشكل الاطار العام لمجمل الاعمال الفلكية الاسلامية. كذلك لقد سبق وعالجنا جداول الشمس والقمر في موضع آخر .

ويدور البحث هنا على طريقة الحساب التي سماها الفلكيون العرب باسماء مختلفة ک « المحكم » ، و« المبسط » ، و« المحلول » والتي تشير بشكل عام إلى المنحى الجديد الذي اصطفاه هؤلاء الفلكيون ألا وهو تبسيط استخدام هذه الجداول ليتسنى لعلم الهيئة العملي أن يصل الى عدد أكبر من الذين يمارسون هذا العلم . والدليل على اتساع حلقة قراء هذه الجداول الجديدة ومستخدميها هو أن هذه الجداول تفتقر عادة إلى المقدمة المعهودة في الأعمال الفلكية الأخرى والتي تربط هذه الأعمال باسم صاحب مال او سلطان ترفع هذه الأعمال إليه . ولتبيان النواحي الفنية في هذه الأساليب الحسابية الجديدة يدرس هذا المقال بشكل مفصل مثلاً واحداً من هذه الجداول وضعه قس باسم قرياقس وقد عاش على الأرجح في مدينة ماردين في أواخر القرن الخامس عشر الميلادي .

فبعد تحليل مسهب لجداول قرياقس وعلاقتها بجداول بطلميوس تخلص هذه الدراسة إلى النتائج التالية :

أولاً : لقد أعاد بعض فلكيي العرب بناء أسس الهيئة اليونانية التي وصلتهم بأن فرضوا عليها مطلب السهولة بحيث أصبح تعاطي علم الهيئة متوفراً للعديد من المستخدمين لهذه الهيئة .

ثانياً : لم يتورع هؤلاء الفلكيون عن تغيير المعطيات الأساسية للهيئة اليونانية سعياً وراء السهولة دون أية تضحية في دقة هذه الحسابات . واستمر هذا المنحى الجديد ، كما في هذه الجداول ، إلى أواخر القرن الخامس عشر الميلادي الذي يعتبر عادة عصر انحطاط بالنسبة للعلوم الاسلامية .



الجبر عند العرب في القرن الهجري الثالث والرابع

عادل أنبوبا

قصد واضع المقال أن يرسم في خلال صفحات معدودات صورة جامعة وموجزة لظهور علم الجبر عند العرب ونموه الأول ، وشرط على نفسه أن يضيف إلى ما ظهر في ابحاث السنوات الاخيرة لا أن يكرر ما جاء فيها ، فتجنّب الاعادة ما لم تلزمه بذلك ضرورة البيان والافهام . يتناول البحث بادىء ذي بدء حجر الأساس وهو كتاب الخوارزمي

نحو ٢٠٥ هـ . ومع ان هذا المؤلَّف أول كتاب عربي في علم الجبر فان صاحب المقال يرى أن دخول الجبر والعلوم الحسابية على العرب كان سابقاً لزمن الخوارزمي بكثير ؛ وان كتاب الخوارزمي مختصر لعلوم زمانه ، يأخذ البعض منها ويترك البعض الآخر عن تعمّد وبصيرة . وقد أشار الباحث إلى دلائل على ذلك تكاد أن تخفى في كتاب الخوارزمي : منها مسلة يتيمة أوشكت أن تضيع في باب الوصايا وهي تحوي مجهولين سميّا شيئاً وبعض شيء ، وثلاث قواعد تكشف عن عناصر أعرض الخوارزمي عنها وسوف تظهر بشكل سافر في كتاب شجاع بن أسلم المصري . ويُظهر التتبع الدقيق لكتاب الخوارزمي تأثيراً بالهندسة اليونانية ، وأثراً واحداً للهند ، مع الاعتماد الرئيسي على العنصر البابلي القديم الذي ظهر في بلاد الرافدين قبل زمن الميلاد بنحو عشرين قرناً .

ويتحول البحث من كتاب الخوارزمي إلى كتاب أبي كامل شجاع ابن أسلم (نحو ٢٦٥ هـ) وقد لا يفصل بين زمن الأول والثاني سبعون سنة . وعن كتاب أبي كامل يقول صاحب المقال إنه « المرآة التي تنعكس فيها معارف زمانه الجبرية » وقد نعته الأقدمون بالكامل والشامل وبتتمة الجبر وكماله . وكان له الأثر البالغ في نمو الجبر عند العرب وفي اوروبا . وتدل مادته الكثيرة المتنوعة الألوان على عناصر دخيلة كالمسائل السيّالة والمتتاليات العددية ، وإلى بعضها يفخر أبو كامل بقوله : « وجدت بابا من الحساب مرسوماً في كتب من تقدم منهم لا يضاف إلى أحد ولا يعرف صاحبه ولا يتوقف على مستخرجه » غير أن هذا الكتاب قد جمع إلى جانب المسائل الموروثة ابتكارات رائعة لأبي كامل وأعمالاً لغيره من الحسّاب العرب من معاصري الخوارزمي ومن تبعه . وبالتالي فان الكتاب ينم على حركة علمية نشطة ويظهر فيه مدى انتشار أصول اقليدس في الهندسة والتوسع في حساب الجذور والمعادلات ذات المجاهيل الكثيرة كما أنه يُفصح عن التزام الرياضيين بالدقة والحجة ، إذ أن أبا كامل يحكي القواعد التي أوردها الخوارزمي دون تعليل ، ويأبى إلاّ أن يدعمها بالبرهان .

ويتتبع المقال النشاط العلمي في القرنين الثالث والرابع بقدر ما تؤهل لذلك الرسائل القليلة المحفوظة في مكتبات العالم، كـ « تصحيح مسائل الجبر بالبراهين الهندسية » لثابت بن قرة، و « الضرورات في المقترنات » لأبي الفضل بن واسع بن ترك، و «كتاب في الكعب والمال والأعداد المتناسبة » لسنان بن فتح الحراني ، ورسائل أخرى للماهاني والهاشمي

والقبيصي وأبي جعفر الخازن وغيرهم . فيشاهد القارىء ارتفاع البناء حجراً حجراً في مختلف أجزائه كحساب الكسور والعدديات وغيرها ، وما يكاد أن ينتهي القرن الرابع وتأزن ساعة أبي بكر الكرجي – وهو خارج عن حدود المقال – حتى تكون مبادىء الجبر الأولية قد هذبت ورتبت ونظمت في كتاب تعليمي حسن هو الفخري للكرجي وذيله البديع . هذا وقد ضم المقال ملاحظات عابرة عن النشاط العلمي وظروفه وإشارات سريعة إلى أحوال بعض الرياضيين وأشار إلى أن اقبال العرب على التأليف والابتكار جاء باكراً وان عدداً من الاكتشافات اسبق عهدا مما ظنه المؤرخون . وللمقال ذيل بُيّن فيه أن أبا جعفر الخازن ومحمد بن الحسين اسمان مختلفان لعالم واحد



دوافع الالهام الهيلينية وكتاب سر الخليقة

اورسولا فايسر

إن كتاب سرّ الخليقة الذي ينسب إلى أبولونيوس التياني (بلينوس) الفيثاغوري المحدث عبارة عن قسمين أساسيين وفصول فرعية عديدة. وإن القسم الأساسي يحتوي على بيان فيزيائي مفصل لخلق العالم ولمسائلها الفرعية ويلحق بهذا القسم نص كيميائي بعنوان «اللوح الزمردي» الذي هو جدير بأن يعتبر أحد المصادر الكيميائية الشهيرة في العالم العربي والعالم اللاتيني في القرون الوسطى . ويحكي لنا المؤلف المزيف بلينوس في مقدمة الكتاب الأساسي كيف وجد هو هذين النصين في سرداب ، اللذين قد ألّفهما في زعمه هرمس المثلث . إن مثل هذه الحكايات الاكتشافية في السراديب أو الدهاليز لشيء معروف في روايات القرون الأخيرة قبيل الاسلام في مراكز البحر الأبيض. إنها روايات مزوّرة تغفل عهد تأليف الكتب الحقيقي وتستهدف اهتمام القارىء واحترامه فقط بإضافة الكتاب إلى سلطات علمية تاريخية . إن تحليل حكاية اكتشاف كتاب سرّ الخليقة يمكن من الحصول على إشارات ووسائل لتحديد وقت تأليفه .

إننا نرى هذا الكتاب في قوامه الحالي أنه يجمع حكايتين مختلفتين لحصول المؤلف على المعرفة الوهبية المزعومة : إحداهما هي حكاية اكتشاف كتاب عن خلق العالم في سرداب وأخراهما وصول المعرفة بواسطة لوح زمردي . فمن اندماج هذين الدافعين لتأليف الكتاب نستنتج على أن المؤلف استند في ذلك على مصدرين أساسيين يعرف كل منهما حكاية خاصة

له . وهذان المصدران كانا أولاً عبارة عن كتاب في خلق العالم وثانياً اللوح الزمردي في أسس الكيمياء على العكس مما كان يسيطر حتى الآن عند المهتمين بالموضوع النظرية أن اللوح الزمردي لم يكن قد كتبه أبولونيوس المزيّف بنفسه ، ولكنه هو أحد مصادره في كتاب سر الخليقة . وأبعد من ذلك توافينا حكاية اكتشاف كتاب سرّ الخليقة بالمقارنة بنص منسوب إلى هرمس في نفس البيئات بمستندات كافية للاستنتاج بأن عنوان كتاب سرّ الخليقة ليس هو العنوان الأصلي للكتاب ولكنه أصبح بالتداول اسماً لذلك .



ادخال مفهوم المثلث القطبي من قبل أبي نصر بن عراق

ماري تيريز ديبارنو

لا يخفى على أحد بأن استعمال العلاقات الموجودة بين عناصر مثلث كروي وعناصر مثلثه القطبي له فائدة كبيرة في علم المثلثات الكروية . وأول من استعمل المثلث القطبي في الغرب هو فرانسوا فييت (١٥٤٠ – ١٦٠٣) في كتابه الـ "Canon mathematicus" ومن المعروف بأن العرب كانوا قد سبقوه بعدة قرون اذ أن نصير الدين الطوسي (١٢٠١ – ١٢٧٤) كان قد استعمل المثلث القطبي في ايجاد أضلاع مثلث معلوم الزوايا كما أننا نجد المثلث القطبي ، ولكن بشكل غير واضح تماما ، في كتاب قد ألف قبل كتاب الطوسي هو « جامع قوانين علم الهيئة » على أن استعمال المثلث القطبي عند العرب يرجع في الواقع الى ما قبل ذلك فهو يعود الى أوائل القرن الحادي عشر ميلادي على الاقل وأول من استعمله – في حدود معلوماتنا الحالية – هو الأمير أبو نصر منصور بن علي بن عراق المشهور بأعماله القيمة في علم المثلثات الكروية .



مصادفة بين الكتاب الثامن لببوس وكتاب التحديد للبيروني

ج . ل . برجرن

ظهرت في مدخل ببوس في الحيل ، وهو الكتاب الثامن من مجموعته في الرياضيات ، ثلاثة أشكال وهي ١٠ ، ١٦ ، ١٧ . ولقد ظن هولتش الذي اعتنى بتدقيق المجموعة ونشرها أنه قد كتب هذه الأشكال أحد آخر غير ببوس . ولكن بالرغم من غرابة هذه الأشكال فلقد استعمل مثلها أبو ريحان البيروني في كتابه في « تحديد نهاية الأماكن » . ومن هذا نستخلص أن هذه الأشكال هي جزء من علم الجغرافيا الرياضية . فليس من الغريب اذن أن نجد هذه الأشكال في المدخل في الحيل .

المشاركون في العدد

عادل أنبوبا : يعمل في تاريخ الجبر والهندسة . درّس تاريخ العلوم العربية والرياضيات في الجامعة اللبنانية وفي الكلية الفرنسية للعلوم الاقتصادية . تضم منشوراته دراسات عن الكرجي والشجاع بن أسلم وشرف الدين الطوسي والسموءل بن يحيى المغربي وآخرين من علماء الجبر المسلمين .

جيرهارد إندرس : استاذ كرسي الدراسات العربية والاسلامية بجامعة رور – بوخوم . يبحث بشكل خاص في الفلسفة الاغريقية في التقاليد الاسلامية .

ج . ل . برجرن : استاذ مشارك في الرياضيات – جامعة سيمون فريزر – بريتش كولومبيا – كندا . مجال اهتمامه الخاص يتركز في تاريخ علم الميكانيكا . يعمل الآن في مؤلفات لأبي سهل الكوهي التي تعالج مراكز الجاذبية .

جيرسي بياسكوفسكي : رئيس المخبر في معهد اودلفيتشفا – كراكوف – بولونيا. منشوراته الكثيرة تعالج تاريخ علم المعادن وتكنولوجيا سبك المعادن .

جاري تي : محاضر في جامعة اوكلاند ، نيوزلندا ، قسم الرياضيات . يعمل بشكل اساسي في التحليل العددي والحساب بالاضافة الى تاريخ العلوم . نشر عدة مقالات وترجم كتباً كثيرة من الروسية الى الانكليزية خاصة في التحليل العددي .

أحمد يوسف الحسن : رئيس جامعة حلب ، مدير معهد التراث العلمي العربي ؛ باحث في تاريخ التكنولوجيا العربية . نشر كتاب تقي الدين عن الآلات الروحانية وكتاب الجزري الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل (تحت الطبع) وله عدة أبحاث منشورة في تاريخ التكنولوجيا العربية .

سامي حمارنه : الأمين السابق لمؤسسة سميثسونيان بواشنطن . مؤرخ في تاريخ الطب والصيدلة عند العرب . وله منشورات عديدة في هذا المجال .

ماري تيريز ديبارنو : عضوة في المعهد الفرنسي للدراسات العربية بدمشق . تعمل في معهد التراث العلمي العربي بحلب . وهي تعد الآن رسالة الدكتوراه في مقاليد علم الهيئة للبيروني .

رينر ديجن : يعمل الآن استاذاً في الحلقة الدراسية عن الساميات بجامعة فيليبس – ماربورغ . ويعد مجموعة من النصوص الطبية في اللغة السريانية والّتي تضم ترجمات عربية لكثير منها .

أحمد سعيدان : أستاذ تاريخ العلوم في الجامعة الاردنية – عمان . له منشورات عديدة في تاريخ الرياضيات . ومقالات وترجمات الى اللغة العربية .

عبد الحميد صبره : أستاذ تاريخ العلوم عند العرب في جامعة هارفارد – الولايات المتحدة . له منشورات في تاريخ الهندسة والبصريات عند العرب .

جورج صليبا : أستاذ مساعد العلوم العربية والاسلامية في جامعة نيويورك . نشر مقالات عديدة في تاريخ العلوم الاسلامية . يعنى بشكل خاص في انتقال العلوم اليونانية إلى الاسلام عن طريق السريانية . يحقق الآن نصاً لكتاب نهاية السول لابن الشاطر .

اورسولا فايسر : باحثة في معهد تاريخ الطب في جامعة فريدريك أليكساندر – ايرلانجن (نورنبرج) . رسالتها في الدكتوراه كانت حول « كتاب سر الخليقة » المنسوب الى بلينوس . تعمل الآن في تاريخ فيزيولوجيا التناسل وأمراض النساء والتوليد عند العرب .

هنريك هيرملينك : محام له منشورات في المربعات السحرية في القرون الوسطى والحساب ، ورياضيات التسلية ، والجياني وغيره .

ملاحظات لمن يرغب الكتابة في المجلة

١ – تقديم نسختين من كل بحث أو مقال الى معهد التراث العلمي العربي . طبع النص على الآلة الكاتبة مع ترك فراغ مزدوج بين الاسطر وهوامش كبيرة لأنه يمكن أن تجرى بعض التصحيحات على النص ، ومن أجل توجيه تعليمات الى عمال المطبعة . والرجاء ارسال ملخص يتراوح بين ٣٠٠ – ٧٠٠ كلمة باللغة الانكليزية إذا كان ذلك ممكناً وإلا باللغة العربية .

٢ – طبع الحواشي المتعلقة بتصنيف المؤلفات بشكل منفصل وتبعا للارقام المشار اليها في النص . مع ترك فراغ مزدوج أيضا ، وكتابة الحاشية بالتفصيل ودون أدنى اختصار .

أ – بالنسبة للكتب يجب أن تحتوي الحاشية على اسم المؤلف والعنوان الكامل للكتاب والناشر والمكان والتاريخ ورقم الجزء وأرقام الصفحات التي تم الاقتباس منها .

ب – أما بالنسبة للمجلات فيجب ذكر اسم المؤلف وعنوان المقالة بين أقواس صغيرة واسم المجلة ورقم المجلد والسنة والصفحات المقتبس منها .

ج – أما إذا أشير الى الكتاب أو المجلة مرة ثانية بعد الاقتباس الأول فيجب ذكر اسم المؤلف واختصار لعنوان الكتاب أو عنوان المقالة بالاضافة الى أرقام الصفحات.

أمثلـــة :

أ – المطهر بن طاهر المقدسي ، كتاب البدء والتاريخ ، نشر كلمان هوار . باريس ١٩٠٣ ، ج ٣ ، ص ١١ .

ب – عادل انبوبا ، « قضية هندسية ومهندسون في القرن الرابع الهجري ، تسبيع الدائرة » ، مجلة تاريخ العلوم العربية. مجلد ١ ، العدد الثاني : ١٩٧٧ ص ٧٣.

ج – المقدسي ، كتاب البدء والتاريخ ، ص ١١١ .
انبـــوبا ، « قضية هندسية » ، ص ٧٤ .

مطبوعات
معهد التراث العلمي العربي
بجامعة حلب

آ ـ الكتب :

١ ـ **احمد يوسف الحسن** : تقي الدين والهندسة الميكانيكية العربية مع كتاب الطرق السنية في الآلات الروحانية من القرن السادس عشر ١٩٧٦ ·
٨ دولارات

٢ ـ **احمد يوسف الحسن** بالتعاون مع **عماد غانم ومالك ملوحي** : الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل للجزري ·
(تحت الطبع)

٣ ـ **جلال شوقي** : رياضيات بهاء الدين العاملي ٩٥٣ ـ ١٠٣١/هـ ١٥٤٧ ـ ١٦٢٢ م· ١٩٧٦ ·
٨ دولارات

٤ ـ **سلمان قطاية** : مخطوطات الطب والصيدلة في المكتبات العامة بحلب ١٩٧٦ ·
١٠ دولارات

٥ ـ **سلمان قطاية** : تحقيق مخطوطة « ما الفارق » لأبي بكر الرازي (تحت الطبع)

٦ ـ **ادوارد كندي وعماد غانم** : ابن الشاطر فلكي عربي من القرن الثامن الهجري/الرابع الميلادي ـ ١٩٧٦ ·
٦ دولارات

٧ ـ **ادوارد س · كندي** : أفراد المقال في أمر الظلال للبيروني ·
جزء (١) : الترجمة الانكليزية ·
جزء (٢) : التعليق والشرح (بالانكليزية) ·
٢٥ دولاراً

٨ ـ **معهد التراث العلمي العربي** : أبحاث الندوة العالمية الاولى لتاريخ العلوم عند العرب (المنعقدة بجامعة حلب من ٥ ـ ١٢ نيسان ١٩٧٦)
الجزء الاول : الابحاث باللغة العربية · ٢٥ دولارا
الجزء الثاني : الابحاث باللغات الاجنبية (تحت الطبع)
أبحاث المؤتمر الثاني (١٩٧٧) والثالث (١٩٧٨) للجمعية السورية لتاريخ العلوم . (تحت الطبع)

ب ـ الدوريات :

١ ـ **مجلة تاريخ العلوم العربية** : دورية عالمية متخصصة تصدر مرتين كل عام · المجلد الاول (١٩٧٧) · المجلد الثاني (١٩٧٨) تحت الطبع · الاشتراك السنوي ٦ دولارات ·

٢ ـ **عاديات حلب** : حولية تبحث في تاريخ الحضارة والآثار والعلوم : العدد الاول (١٩٧٥) العدد الثاني (١٩٧٦) العدد الثالث (١٩٧٧) والعدد الرابع (١٩٧٨) تحت الطبع ·
٦ دولارات للعدد الواحد ·

٣ ـ **رسالة معهد التراث العلمي العربي** : نشرة دورية تصدر أربع مرات كل عام · الاشتراك السنوي ٤ دولارات بالبريد العادي ، ٥ دولارات بالبريد الجوي ·

اعــــلان

حول الندوة العالمية الثانية لتاريخ العلوم عند العرب

يسر معهد التراث العلمي العربي أن يعلن عن تمديد الفترة المحددة للتقدم بطلبات الاشتراك في الندوة العالمية الثانية لتاريخ العلوم عند العرب المزمع انعقادها في جامعة حلب في الفترة ما بين ٥ الى ١٢ نيسان ١٩٧٩ حتى غاية شهر تشرين الاول ١٩٧٨ ۰



SPECIAL ANNOUNCEMENT

Second International Symposium for the HAS

The IHAS is pleased to announce that the deadline for applications to participate in the 2nd International Symposium for the History of Arabic Science (to be held April 5–12, 1979) has been extended to the end of October, 1978.

تحت رعاية السيد رئيس الجمهورية

الندوة العالمية الثانية لتاريخ العلوم عند العرب

جامعة حلب ـ معهد التراث العلمي العربي

٥ الى ١٢ نيسان ١٩٧٩

يسر معهد التراث العلمي العربي أن يوجه الدعوة الى الباحثين المهتمين بتاريخ العلوم عند العرب وخاصة موضوعات تاريخ العلوم الاساسية وتاريخ الفلك والتنجيم والطب والطب البيطري والصيدلة وتاريخ التكنولوجيا ، والكيمياء والجيولوجيا ، والزراعة وكافة أنواع العلوم الاخرى ، والى العاملين في الجامعات أو مراكز ومعاهد البحوث أو ممن لهم أبحاث قيمة في تاريخ العلوم عند العرب ، لحضور الندوة العالمية الثانية لتاريخ العلوم عند العرب والتي ستنعقد من :

٥ ـ ١٢ نيسان ١٩٧٩

في جامعة حلب ـ معهد التراث العلمي العربي

توجه المراسلات للحصول على المعلومات الى العنوان التالي :

الآنسة أمل رفاعي
مكتب الرئيس
جامعة حلب
حلب ـ الجمهورية العربية السورية

Under the Patronage of the President of the Republic

The Second International Symposium for the History of Arabic Science (I.S.H.A.S.)

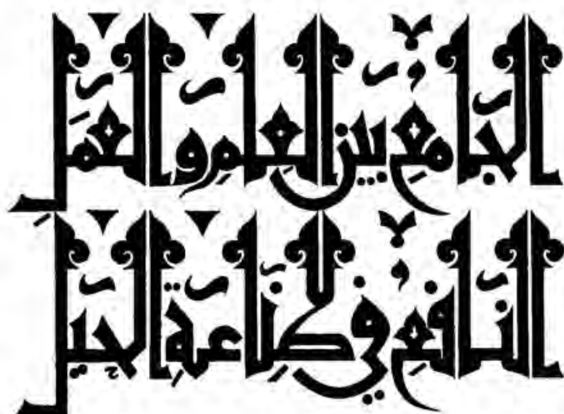
Will be held in Aleppo 5-12 April, 1979, under the auspices of the Institute for the History of Arabic Science (IHAS), upon the recommendation adopted at the first ISHAS. The scope of the Symposium will encompass all aspects of Arabic/Islamic science and technology, from the classical period to the modern. The subjects of the Symposium include:

1. **Astronomy.**
2. **Mathematics, arithmetic, geometry, and computing instruments.**
3. **Physical sciences, chemistry, alchemy.**
4. **Technology, various aspects of engineering and crafts.**
5. **Medicine, pharmacy, and medical botany.**
6. **Agriculture.**
7. **Geology.**

Correspondence concerning the Symposium should be directed to:

Miss Amal Rifai
Office of the Rector
Aleppo University
Aleppo / Syria

Announcing the publication of the complete edited Arabic text of



al-Jāmiᶜ bayn al-ᶜilm wal-ᶜamal al-nāfiᶜ fī ṣināᶜat al-ḥiyal

A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts

by al-Jazarī

6 H. / 12 A.D.

Volume 1

Arabic Text

Edited by
AHMAD Y. AL-HASSAN

Based on five of the best available of al-Jazarī's manuscripts, this work is a complete Arabic edition of his book entitled, *al-Jāmiᶜ bayn al-ᶜilm wal-ᶜamal al-nāfiᶜ fī ṣināᶜat al-Ḥiyal.*

It was only through very careful editing that the new text and drawings were closely correlated with the original one. Illustrations were redrawn, important plates were reproduced in original colours, and consequently many errors were eliminated.

An essential and important work for historians of technology, this volume is also an indispensable source for them, as it offers, for the first time, the original al-Jazarī in its best possible edition.

Publications of the Institute for the History of Arabic Science

BOOKS

Al-Hassan, Ahmad Y., *Taqi al-Dīn and Arabic Mechanical Engineering, with the Sublime Methods of Spiritual Machines. An Arabic Manuscript of the 16th Century.* In Arabic. 165 pp. 1976. $ 8.00

Al-Hassan, Ahmad Y., *A Compendium on the Theory of the Mechanical Arts.* The Arabic text of al-Jazarī. In press. 1978.

Kataye, Salman, *Les Manuscrits Medicaux et Pharmaceutiques dans les Bibliothèques Publiques d'Alep.* In Arabic. 440 pp. 1976. $ 10.00

Kataye, Salman, al-Rāzī's *K. Ma-l-Fāriq.* An Arabic edition. In press. 1978.

Shawqi, Jalal, S. A., *Mathematical Works of Bahā' al-Dīn al-ᶜĀmilī,* (953-1031/1547-1622). In Arabic. 207 pp. 1976. $ 8.00

Kennedy, E. S., Ghanem I., (Eds.), *The Life and Work of Ibn al-Shāṭir-an Arab Astronomer of the 14th Century.* In Arabic and English. 172 pp. 1976. $ 6.00

Kennedy, E. S., *The Exhaustive Treatise on Shadows by Abū al-Rayḥān Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī,* In English. Vol. I *translation.* Vol. II *commentary.* 281 pp., 221 pp. 1976. $ 25.00

Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science (ISHAS), held 5-12 April 1976, Aleppo.

Vol. I in Arabic. 970 pp. $ 25.00

Vol. II in other languages. In press.

Proceedings of the Second (1977) and Third (1978) Conferences of the Syrian Society for the History of Science. In press.

PERIODICALS

Journal for the History of Arabic Science. An international journal. Vol. I (1977) Spring and Fall. Vol. II (1978) in press. 1 Yr. $ 600.

ᶜĀdiyāt Ḥalab. An annual periodical on archaeology, history of art and science. In Arabic and English. Vol. I (1975) pp. 368, Vol. II (1976) pp. 354, Vol. III (1977) in press. Vol. IV (1978) in press.

Each Vol. $ 6.00

I.H.A.S. Newsletter, a quarterly, 1978. $ 3.00

To Contributors of Articles for Publication in the Journal for the History of Arabic Science

1. Submit the manuscript in duplicate to the Institute for the History of Arabic Science. The text should be typewritten, double-spaced, allowing ample margins for possible corrections and instructions to the printer. Please include a 300-700 word abstract in Arabic, if possible, otherwise an abstract in the language of the paper.

2. Bibliographical footnotes should be typed separately according to numbers inserted in the text. They should be double-spaced as well, and contain an unabbreviated complete citation. For books this includes author, full title (underlined), publisher, place, date, and page numbers. For journals give author, title of the article enclosed in quotation marks, journal title (underlined), volume number, year, pages. After the first quotation, if the reference is repeated, then the abbreviation *op. cit.* may be used, together with the author's name and an abbreviated form of the title.

Examples :

O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (Springer, New York, 1976), p. 123.

Sevim Tekeli, "Taqī al-Dīn's Method of Finding the Solar Parameters", *Necaci Lugal Armagani*, 24 (1968), 707–710.

3. In the transliteration of words written in the Arabic alphabet the following system is recommended:

ʾ	a	b	t	th	j	ḥ	kh	d	dh	r	z	s	sh
ء	أ	ب	ت	ث	ج	ح	خ	د	ذ	ر	ز	س	ش

ṣ	ḍ	ṭ	ẓ	ʿ	gh	f	q	k	l	m	n	h	w	y
ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ك	ل	م	ن	ه	و	ي

For short vowels, *a* for *fatḥa*, *i* for *kasra*, and *u* for the *ḍamma*.

For long vowels the following diacritical marks are drawn over the letters *ā*, *ī*, *ū*.

The diphthong *aw* is used for أو and *ay* for أي .

Heinrich Hermelink: is a patent lawyer who has publications on medieval magic squares, reckoning books, recreational mathematics and al-Jayyānī among others.

Jerzy Piaskowski: is Chief of the Laboratory at the Instytut Odlewictwa in Krakow. His many publications deal with the history of metallurgy and foundry technology.

Abdelhamid I. Sabra: is Professor of the History of Arabic Science at Harvard University. He has published on the history of Arabic geometry and optics.

Ahmad Saidan: is professor of the History of Science at the University of Jordan, Amman. He has many publications on the history of mathematics, including articles and translations into Arabic.

George Saliba: Assistant Professor of Arabic and Islamic Sciences at New York University. Published several articles dealing with the history of Islamic Sciences. He is especially interested in the transmission of Greek science to Islam via Syriac. He is currently preparing an edition of *Nihāyat al-Sūl* of Ibn al-Shāṭir.

Garry J. Tee: is a senior lecturer at the University of Auckland, Department of Mathematics. Works chiefly in the fields of numerical analysis and computing, together with history of science. Has published several articles and translated many books from Russian to English, mainly in numerical analysis.

Ursula Weisser: is Research Assistant at the Institut für Geschichte der Medizin der Friedrich - Alexander - Universität, Erlangen - Nürnberg. Her doctoral thesis was on *K. Sirr al-Khalīqa* attributed to Apollonius of Tyana, and she is currently working on the history of Arabic reproductive physiology, gynaecology, and obstetrics.

NOTES ON CONTRIBUTORS

Adel Anbouba: works on the history of algebra and geometry. He has taught history of Arabic science and mathematics at the Lebanese University and at the French Faculty of Economics. His publications include studies on al-Karjī, Shujāᶜ b. Aslam, Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, al-Samaw'al b. Yaḥyā al-Maghribī and other Islamic algebraists.

J. L. Berggren: is Associate Professor of Mathematics at Simon Fraser University in British Columbia, Canada. The history of the science of mechanics is his special interst and he is presently engaged on works of Abū Sahl al-Kūhī that deal with centers of gravity.

Marie Thérèse Debarnot: is a Fellow at the Institut Français d'Etudes Arabes, Damascus, working at the Institute for the History of Arabic Science in Aleppo. She is currently writing a doctoral thesis on al-Bīrūnī's *Maqālīd ᶜilm al-hai'a.*

Rainer Degen: presently Dozent in the Seminar für Semistik der Philipps-Universität, Marburg, is preparing a Corpus Medicorum Syriacorum which will contain all Syriac medical texts with many of their Arabic translations as well.

Gerhard Endress: holds the chair of Arabic and Islamic Studies, Ruhr University, Bochum. He works especially on Hellenistic philosophy in the Islamic tradition.

Sami Hamarneh: has retired as Curator-Historian at the Smithsonian Institution. His main publications have been in the history of pharmacy.

Ahmad Y. al-Hassan: is Rector of Aleppo University and Director of the Institute for the History of Arabic Science. He is working on the history of Arabic technology. He has published an edition of Taqī al-Dīn's book on spiritual machines, the complete Arabic text on mechanical devices of al-Jazarī (in press), and several other articles.

Yaḥyā ibn ᶜAdī's "Treatise on the Difference between the Arts of Philosophical Logic and of Arabic Grammar"

A critical edition by
GERHARD ENDRESS

In his treatise on the difference between logic and grammar, the Christian Arab theologian and philosopher Abū Zakariyyā Yaḥyā ibn ᶜAdī (d. 363/974) explains the specific difference (*faṣl*) between the two arts with regard to subject (*mawḍūᶜ*) and aim (*gharaḍ*). The text is published for the first time as a sequel to the editor's article "The debate between Arabic grammar and Greek logic in classical Islamic thought" (*JHAS*, vol. 1, Arabic part, pp. 106-18, English summary, pp. 320-2).

The edition is based on the unique manuscript of the Parliamentary Library, Tehran (Ketābkhāne-e Majles-e Showrāy-e Mellī, Ṭabāṭabā'ī fund, no. 1376, pp. 1-14). On the contents of this *majmūᶜa*, see G. Endress, *The works of Yaḥyā ibn ᶜAdī* (Wiesbaden 1977), pp. 18, on the text *ibid.* pp. 45-6. I am grateful to the director of the library for providing a microfilm of the manuscript.

Summaries of Arabic Articles in this Issue

Ibn al-Haytham's "Treatise on the Method of [Astronomical] Observations"

Abdelhamid I. Sabra

The treatise by Ibn al-Haytham (died ca. 1040) "On the Method of [Astronomical] Observations" *(Qawl* [*or Maqāla*] *fī kayfiyyat al-arṣād)* is edited from the unique manuscript copy no. 3688 Jīm at the City Library of Alexandria. As already noted in this *Journal* (Vol. I, no. 1, pp. 166 and 179-80) the folios of this *Treatise* (numbered 31-46) originally formed part of a volume which included three other works by Ibn al-Haytham. Two of these *(al-Shukūk ʿalā Baṭlamyūs* and *Fī Māhiyyat al-athar alladhī fī wajh al-qamar)* have already been published, but the third *(al-Tanbīh ʿalā mawāḍiʿ al-ghalaṭ fi'l-raṣd)* has not yet been traced in the Alexandria Library.

The *Treatise on the Method of* [*Astronomical*] *Observations* is no. 4 in List III of Ibn al-Haytham's works which Ibn Abī Uṣaybiʿa has reproduced in his *Ṭabaqāt al-aṭibbā* (see the article "Ibn al-Haytham" in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. VI (1972), pp. 189-210, especially p. 205), but there is no explicit evidence to indicate its place in the chronological order of Ibn al-Haytham's compositions.

The *Treatise* cannot be counted among Ibn al-Haytham's important works on astronomy (such as the *Shukūk*, or the "Commentary" on the *Almagest*, MS Istanbul Ahmet III 3329), but it is a remarkable example of a genre of Islamic scientific writing which has received little or no attention from historians. In it, Ibn al-Haytham introduces the main concepts of Ptolemaic astronomy by reference to the astronomical observations on which each of these concepts is based. The result is a clear and orderly presentation of the Ptolemaic picture of the world and an introduction to the use of the armillary sphere. Didactic works such as this one will not increase our knowledge of the achievements of Arabic science, but they can help us to understand the development (or decline) of the scientific tradition in Islam. Islamic science was not a school tradition, and in the absence of school curricula and of sufficient information in the biographical literature, these didactic works are practically our only source for the study of the means, methods, and limitations of scientific instruction in medieval Islam.

catalogues. Other reference works concentrate on lexicons and dictionaries giving little or no coverage to other significant or indispensable references.

The title "The State of the Art" is neither specific nor clear to the reader, especially when several entries refer mainly to developments in Islamic medicine and the exact sciences. It occurred to me that a title such as "exact and natural or biological sciences" would have been more precise.

The section devoted to historical and sociological works is helpful and generally quite balanced. But the reader, especially one who is fully acquainted with the original languages, would like to have text editions given priority over translations, and certainly that they at least be included. For example, the reader is entitled to references to editions in the original language, such as Ibn al-Athīr's *al-Kāmil fi'l-Tārīkh*, al-Jāḥiẓ' *al-Bukhalā'*, al-Masᶜdūī's *Murūj al-Dhahab* and al-Maqqārī's *Nafḥ al-Ṭīb* to mention a few. The "scientific intellectual background" chapter contains very general works which are of little relevance to the main themes, such as (p. 117) Butterfield's *The Origins of Modern Science*, and that of M. Daumas on the same topic. Other than that it seems useful and even impressive, and the same can be said of the chapter devoted to entries on education and learning.

The bio-bibliographic studies of Muslim men of science from ᶜAbbās b. Firnās to Zarnūjī and Zarqalī render great service to researchers with general references. But here again we run into the problem of what appellations are to be used for surnames. We wish that this had been explained somewhere in the text or introduction. Some entries are inadequately covered, such as ᶜArīb b. Saᶜd's (p. 191) edited work on pediatrics and obstetrics, and Ibn al-Quff's (p. 272) life and works.

On the whole, the work deserves great credit and is recommended highly to all researchers and students of the history and philosophy of science and technology of the Islamic civilization.

SAMI HAMARNEH

Smithsonian Institution,
Washington D. C., 20560,
U. S. A.

many publications in Russian, Uzbek, Kazakh, Tajik and other languages. He does not attempt a complete listing of sources in Western European languages – for that he refers the reader to Rescher's bibliography (N. Rescher, *Al-Farabi, An Annotated Bibliography*, Pittsburgh, 1962). In the first issue of this journal (pp. 109-110), B. A. Rosenfeld cited several recent translations of works by al-Fārābī into Russian, Uzbek, and Kazakh.

Kubesov's book is valuable for showing the remarkable range and depth of al-Fārābī's work in mathematics, and his strong influence on many later writers. It would be particularly useful to anyone studying the scientific writings of al-Fārābī.

GARRY J. TEE

Computational Mathematics Unit,
Department of Mathematics,
University of Auckland,
Aukland, New Zealand.

Seyyid Hossein Nasr. *An Annotated Bibliography of Islamic Science*, vol. 1, (with the collaboration of William C. Chittick, under the auspices of the Imperial Iranian Academy of Philosophy, Publication no. 1). Tehran, Iran, Offset Press Inc., 1975 in lxiv + 432 pages English text plus vi + 9 pages Persian text.

Prof. Nasr needs no introduction to readers of this journal who are acquainted with areas in the history and philosophy of science in Islam. He has lectured widely in many lands, and is a prolific author on the subject. Only recently his 1976 illustrated book on *Islamic Science* was among the most prominent influences of the World of Islam Festival held in London that year.

This bibliographical volume fills a gap in Islamic literature and the reader can expect its material to be supplemented in the forthcoming volumes of this series. It covers a list of sources of important periodicals, and collective and general works. The list of periodicals is impressive, but it includes journals of little relevance to the main subject matter, such as *the American Journal of Pharmaceutical Education, the American Journal of Philosophy, Annales E. Merck*, and *Anesthesia and Analgesia*. It omits others very relevant such as the *Mélanges* of the *Institut Dominicain d'Etudes Orientales du Caire*. Annotation seems necessary since many of these periodicals have ceased to appear.

The chapter on "author bibliographies," is very useful, but here again it omits some basic references such as R. Y. Ebied's *Bibliography* and the Zahiriyah (Damascus) as well as the British Library Indexes of Arabic manuscripts on medicine and pharmacy in medieval Islam, as well as similar

Chapter 4. The Trigonometry of al-Fārābī.

The trigonometrical work of al-Fārābī is found mainly in his *Commentary on the Almagest* and his *Book of Appendices*. The *Commentary on the Almagest* has recently been published in a Russian translation (*cf.* p. 109 of the first issue of this journal) — it is rather remarkable that that appears to be only the second publication of any full commentary on the *Almagest*. (Olaf Pedersen, *A Survey of the Almagest*, Odense University Press, 1974. Parts of the commentaries by Pappus and Theon have been published, and briefer commentaries have been published by Delambre and others).

Al-Fārābī was one of the first Arabic authors to use the Indian sines in preference to the Greek chords, and he was one of the first to use tangents and cotangents. He appears to have been the first writer to give the rule of sines, for both plane and spherical triangles. He computed the sine and cosine of one degree more accurately than had Ptolemy.

Chapter 5. Al-Fārābī's Application of Trigonometry to Astronomy.

Whereas Ptolemy's *Almagest* is primarily geometrical and numerical, al-Fārābī's commentary is primarily trigonometrical and algebraical. His entire commentary was incorporated by Ibn Sina into his *Book of Restoration*. Al-Fārābī made many sophisticated applications of trigonometry to Ptolemaic astronomy.

Chapter 6. Arithmetic, Algebra and the Theory of Music of al-Fārābī. Extension of the Concept of Number.

Al-Fārābī made some significant distinctions between the subjects of arithmetic and algebra. He made extensive use of fractions and ratios, especially in his work on music. His treatment of numbers was freer than that of the Greeks, approaching the concept of the real number line.

Chapter 7. Combinatorial Problems, Functional Dependence and the Infinitesimal Ideas of al-Fārābī in his "Great Book of Music".

Al-Fārābī considered a number of combinatorial problems in his classifications of musical rhythms and scales. Whereas Aristotle denied the possibility of infinite division, al-Fārābī came close to the concept in his discussion of musical scales.

Chapter 8. Probabilistic Concepts of al-Fārābī.

Al-Fārābī criticized sharply the pretensions of popular judicial astrology, but he applied much subtle logic in his discussion of the degrees of certainty of various astronomical effects on terrestrial affairs.

Kubesov's monograph contains a bibliography of 106 items, including

in 950/339. Fārāb (also known as Otrar) was a flourishing city in the Syr Darya basin, whose library was reputed to be second only to that of Alexandria. Al-Fārābī was of Turkic descent, and he did not learn Arabic until he went to study in Baghdad. He became one of the major encyclopaedists of Islam, and one of its foremost Aristotelians. His voluminous writings had a strong influence on the "Brethren of Purity", Abū'l-Wafā, Ibn Sīnā, al-Bīrūnī, ʿOmar Khayyām, Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, Roger Bacon and other Latins, to whom he was known as Alpharabius. He shared with Ibn Sīnā the condemnation by al-Ghazzālī, in *The Incoherence of Philosophy*.

Chapter 2. Mathematics and the Classification of Sciences by al-Fārābī

Al-Fārābī wrote commentaries on most of the logical writings of Aristotle, but he was not a dogmatic Peripatetic – in marked contrast to Aristotle, he laid considerable stress on the applications of mathematics. In his *Classification of the Sciences* he divided the mathematical sciences into arithmetic, geometry, optics, mathematical astronomy, music, statics, and the science of ingenious devices; and he subdivided each branch, arithmetic, geometry, astronomy, and music into its theoretical and practical parts. The *Classification of the Sciences* by Domingo Gundisalvo (fl. 1140, translated by Marshall Clagett and Edward Grant in: Edward Grant (ed.) *A Source Book in Mediaeval Science*, Harvard University Press, Mass., 1974, pp. 59-76), which is not cited by Kubesov, was based largely on al-Fārābī's treatise.

Chapter 3. The Geometry of al-Fārābī

In his book on geometrical constructions, al-Fārābī treated topics including the trisection of angles, construction of parabolas, regular polygons, transformations of polygons, constructions with a compass of fixed radius, and constructions on a sphere. In his construction of a parabola for making a burning mirror, al-Fārābī advised that the mirror be made of polished iron, bronze, copper or zinc (!). If that last word has been translated correctly, then it must be one of the first mentions of zinc outside China, where it had come into use about the year 900. (*cf.* Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, Volume 5, part 2, Cambridge University Press, Cambridge, 1974, p. 214).

In his treatment of optics, al-Fārābī did use the Greek concept of visual rays from the eye, but he also used the concept of "physical rays" from the object to the eye.

Kubesov endeavours to show (pp. 75-79) that al-Fārābī had introduced the concept of a multi-dimensional cube. However, the cited text and diagram of al-Fārābī show clearly that he was considering a purely planar geometrical construction.

wurde also eine griechische Schrift mit entsprechendem Titel zweimal übersetzt; die Übersetzung Qusṭās wurde dann von B. Sinān bearbeitet und vielleicht mit neuem Titel versehen. Weitere Verbesserungen und Zusätze stammen von dem sachkundigen Redaktor der Handschrift A aus dem Jahre 628/1231. Ibn al-Haytham und al-Bīrūnī kannten den Traktat ebenfalls; weitere Einflüsse sind nicht erkennbar (Kap. IV).

Die ausführliche Inhaltsangabe und Analyse, sowie die wörtliche Übersetzung der beiden Versionen in Kapitel III und V bilden den Kern der vorliegenden Arbeit. Jeder Satz ist mit seinem Beweisgang in Formelsprache übertragen und kommentiert. Hier erscheinen nur wenige Stellen ergänzungsbedürftig:

Prop. 1 (Seite 59, Zeile 1 u. 2 von unten): *chord* ist zu verbessern in *arc*. Der hier angewandte Satz "Sehnen, die zwischen Bögen gleicher Länge liegen, sind parallel" wurde erstmals von Clavius (1574) explizit ausgesprochen und bewiesen.

Zu prop. 13 wäre ein Hinweis auf Euklid VI, 8 am Platze gewesen; prop. 14 ist im "*K. istikhrāj al-awtār*" von al-Bīrūnī (Leidener Fassung) im Beweis von Prämisse II benutzt.

Prop. 18: Fig. 20 (Seite 29) ist unrichtig; Winkel BGA muß ein rechter sein und AG = AD Demgemäß lies Seite 69, Zeilen 15 und 16: - and DB was added to its length, - (Anwendung von Euklid II, 6). Prop. 26 (Seite 35): Die Aussage stimmt mit der Zeichnung überein; Seite 73, Zeile 17 ist zu übersetzen like two times (*mithlay*) arc BG - , ebenso Zeile 26. Mit dieser Richtigstellung erweisen sich die Darlegungen auf Seite 35 unten als gegenstandslos.

Eine Bibliographie (3 Seiten) und ein lose beigefügtes, gut lesbares Facsimile von Manuskript A runden die wohlgelungene Arbeit ab.

HEINRICH HERMELINK

Apolloweg 9
8000 München 60
West Germany

Audanbek Kubesovich Kubesov. *Matematicheskoye naslediye al-Fārābī*, (The Mathematical Heritage of al-Fārābī, in Russian), Alma-Ata, "Nauka", 1974. 247 pp. 1 ruble, 64 kopeks.

Kubesov's monograph is the first book to survey the mathematical work of al-Fārābī, and it is of importance to anyone interested in Arabic mathematics.

Chapter 1. The Life and Work of al-Fārābī

Abū Naṣr Muḥammad ibn Muḥammad ibn Ṭarkhān ibn Uzlag al-Fārābī was born (c. 870) in the Central Asian city of Fārāb, and he died at Damascus

Book Reviews

Yvonne Dold-Samplonius. *Kitāb al-Mafrūḍāt li-Aqāṭun*, Book of Assumptions by Aqāṭun. Text-critical edition. Diss. Univ. Amsterdam, 1977. xii + 94 pages + 14p. Arabic text (in folder), 47 figs.

Auch zweitrangige Überreste der griechischen Mathematik verdienen es, der Vergessenheit entrissen zu werden. Der in der vorliegenden Arbeit edierte Traktat kann sich an Bedeutung mit dem hervorragendsten Fund der letzten Zeit, dem Fragment der "Arithmetica" von Diophant, nicht messen, erlaubt aber doch interessante Einblicke in den späthellenistischen Schulbetrieb und das Milieu der mathematisch geschulten syrisch-arabischen Übersetzer im 9. Jahrhundert, die sich so in die Denkweise Euklids einlebten, daß wir oft nicht mehr unterscheiden können, was Übersetzung und was eigene Zutat ist. Es handelt sich um eine in zwei verschiedenen Versionen überlieferte Zusammenstellung geometrischer Sätze und Satzgruppen, die nur losen Zusammenhang aufweisen. Größtenteils dürfte es sich um Beweise zu einzelnen Sätzen aus heute verschollenen Werken handeln, ähnlich wie in Buch VII des mathematischen Sammelwerkes von Pappus, zu dem enge Parallelen bestehen. Originell sind eigentlich nur zwei Sätze: "Im gleichseitigen Dreieck ist die Summe der Lote von einem beliebigen Punkt auf die drei Seiten gleich der Höhe" (Prop. 10) und "Die Winkelhalbierenden eines Dreiecks schneiden sich in einem Punkt". (Prop. 42).

Kapitel I und II der Edition sind der Beschreibung der beiden Manuskripte, sowie der Verfasser - und Titelfrage gewidmet. In der kürzeren, 20 Propositionen umfassenden Version B (gedruckt Hayderabad 1947) trägt das Werk den Titel *Kitāb Arshimīdis fi-l-uṣūl al-handasīya*; als Übersetzer wird Thabit b. Qurra genannt. In der 43 Sätze umfassenden Version A heißt die Schrift *K. al-mafrūḍāt li-Aqāṭun*; ein Übersetzer ist nicht angegeben. Bei dem Namen denkt man sofort an eine Korruption von Aflāṭūn (Platon); die Verfasserin diskutiert diese und andere Möglichkeiten und bleibt schließlich bei dem überlieferten Namen als der lectio difficilior, die auch in den besten Manuskripten von Ibn al-Qifṭī und Ibn abī Uṣaybiᶜa geboten wird; danach "verbesserte Thābit b. Sinān das Buch des Aqāṭun über *al-uṣūl al-handasīya* und fügte zahlreiche Dinge hinzu". Auch hinsichtlich des Titels folgt Frau Dold der Version A, denn das Werk enthält wie Pappus Buch VII Beweise für Annahmen, die in heute verschollenen Werken (vielleicht von Apollonius und Archimedes) gemacht wurden. Nun bemerkt die Verfasserin aber mit Recht, daß Version A den Eindruck einer von Version B unabhängigen Übersetzung macht; andererseits vermerkt sie die Nachricht des Fihrist, daß Qusṭā b. Lūqā ein "*K. Aflāṭūn uṣūl-al-handasa*" übersetzt habe. Möglicherweise

(i) Galen: *Peri tes leptynouses diaites*, Arabic title: *K. fiʾl-tadbīr al-mulaṭṭif*. The quoted text is not to be found in the Greek original of this book. Probably it is not taken from the *K. fiʾl-tadbīr al-mulaṭṭif*.

(j) Galen: *Peri trophon dynameon* II 23, Arabic text: *K. Quwā al-aghdhiya*. The text is taken partly from the *K. al-aghdhiya* of Ḥunayn b. Isḥāq (fol. 68b-69a) and partly from the *K. al-Ḥāwī*, Vol. 21/1, pp. 11 and 13.

(k) Hippocrates, *Peri diaites* II 55, Arabic title: *K. al-Tadbīr*. The Arabic text is again taken from the *K. al-Aghdhiya* of Ḥunayn b. Isḥāq (fol. 69b).

(l) Al-Rāzī, *K. Dafᶜ maḍārr al-aghdhiya*. The text corresponds to p. 45, lines 5-11, of the edition Cairo 1305/1888 (Reprinted Bayrūt, no date, ca. 1974), which appeared under the litle *Manāfiᶜ al-Aghdhiya wa-dafᶜ maḍārrihā*.

The anonymous compiler had thus the following sources at his disposal and quoted from them:

(a) The *K. al-Ḥāwī* of al-Rāzī

(b) The *K. Dafᶜ maḍārr al-aghdhiya* of al-Rāzī

(c) The *K. al-Aghdhiya* of Ḥunayn b. Isḥāq al-ᶜIbādī

(d) The *K. al-Tajribatayn*

(e) The *K. al-Nabāt* of Abū Ḥanīfa ad-Dīnawarī

and finally the sources for the prescripts (c) and (e) and for the quotation (i) of Galen which are unknown. These sources are nearly the same as were used by Ibn al-Bayṭār himself. The judgement of L. Leclerc that the marginal note is compiled in the style of Ibn al-Bayṭār is therefore fully justified.

With regard to the printed edition of the *K. al-Jāmiᶜ* it is to be stated that the article *al-safarjal* is missing with good reason.

Editorial Note: Dr. Salman Qataye has kindly furnished us with information of interest to the subject matter of this paper. In an Aleppo MS (Aḥmadiyya, no. 1266) of Ibn al-Bayṭār's *K. al-jāmiᶜ li-mufradāt al-adwiya wal-aghdhiya*, there was nothing on *al-safarjal* but he found this marginal note on f. 185v:

والعجب في الشيخ رحمه الله اهمال ترجمة ذكر السفرجل مع غزارة منافعه فاحببت نقلها من تذكرة داود العزيز رحمه الله تعالى تكيلا للفائدة فقال : سفرجل شجر منافعه الشام والروم واجوده الكائن بقرية من أعمال حلب .

وقال بقراط . انّ ما كان من السفرجل فجّا حامضا فهو عسر الانهضام . وما كان منه نضيجا فذلك فيه أقلّ . وفي جميع السفرجل قبضٌ . وماؤه يقطع القيء ويعقل البطن ويكثر البول . ورائحته أيضا تقطع[١٨] القيء .

الرازي في كتاب دفع مضارّ الأغذية . السفرجل مقوّ[١٩] للمعدة جدّا والكبد . نافع للمحرورين ⟨ومن⟩ في شهوته للطعام نقصان ومن يعترّيه الخلفة الصفراويّة ولا يعدم نفخه وطول الوقوف. ولذلك ينبغي كما ذكرنا أن يحذر . ويصلح منه المبرودون ومن يعترّيه الرياح الغليظة ولا يشربوا عليه ماء باردا ولا يأكلون عليه ⟨طعاما⟩ حامضا .ويصلح منه نفخته[٢٠] وطول وقوفه بأن يلعقوا عليه لعقات من العسل . ويشرب عليه شراب قويّ ؛ ومن وجد عليه بردا في العصب فليتمرّخ عليه بالأدهان التي وصفناها لذلك ويجعل أغذيته الاسفيذباجات الكثيرة التوابل وشرابه ماء العسل الذي بالأفاويه .

For the quoted authorities and books we can compare:

(a) Abū Ḥanīfa al-Dīnawarī, *K. an-Nabāt*, ed. by M. Hamidullah, *Le dictionnaire botanique d'Abī Ḥanīfa ad-Dīnawarī*, Le Caire 1973 (Textes et traductions d'auteurs orientaux, t. V), p. 39, Nr.516, السفرجل..قال ببح : وهو كثير في بلادالعرب

(b) Dioscorides, *Peri hyles iatrikes* I 115, Arabic title: *K. al-Ḥashā'ish fī hayūlā al-ṭibb*, *cf.* the Arabic texts in the edition of C. E. Dubler, *La 'Materia Médica' de Dioscórides*. Transmisión medieval y renacentista. Vol. II, Tetuán y Barcelona 1952-1957, pp. 111-112, and al-Rāzī, *K. al-Ḥāwī fi'l-ṭibb*, Vol. 21/1 (Hyderabad 1388/1968), p. 10 line 2ff. and p. 11 lines 4-5.

(c) A prescript whose source I do not know.

(d) Rufus of Ephesos, *Peri diaites* (the Greek text is lost), Arabic title: *K. al-Tadbīr*. This text is taken from the *K. al-Aghdhiya* of Ḥunayn b. Isḥāq al-ʿIbādī, Ms. Khudābakhsh 2142/1, fol. 70a.

(e) Again a prescript the source of which is unknown to me.

(f) The *K. al-Tajribatayn ʿalā adwiyat Ibn Wāfid* of Abū Bakr Muḥammad b. Yaḥyā b. al-Ṣā'igh Ibn Bājja and Abū'l-Ḥasan Sufyān al-Andalusī is not preserved. *Cf.* al-Rāzī, *K. al-Ḥāwī*, Vol. 21/1, p. 13.

(g) Yūḥannā b. Māsawayh: ? . The title of the book to which the quoted passage belongs is not given. Originally the text may have been part of the *K. Dafʿ maḍārr al-aghdhiya*. For the quoted text *cf.* al-Rāzī, *K. al-Ḥāwī*, Vol. 21/1, p. 21 lines 1-3 and 12.

(h) Galen: Title ? *Cf.* al-Rāzī, *K. al-Ḥāwī*, Vol. 21/1, p. 12 lines 7-8 and p. 11 lines 9-11.

١٨ MS : يقطع .   ١٩ MS : مقوى .   ٢٠ MS : بعجنه .

ساذجا ومفوّها بحسب الشكاية . وشرب السكنجبين السفرجليّ يقمع الصفراء ويشهّي الطعام . وهو جيّد للناقهين ، واذا لعق مع المصطكى مسحوقة قوّى المعدة وقطع القيء . والجوارشن المستعمل من السفرجل مشويا أنفع من المطبوخ بالماء . وهو تضعف عن ربّه في أفعاله الاّ أنّه اذا جعل مادّة الأدوية الحارّة والباردة المعديّة حسن فعلها . ولعاب بزره ينفع من خشونة قصبة الرئة ومن حرقة المثانة ويسكّن حروشة العين من الرمد وغيره . وأقوى ما يكون في النفع من حرقة المثانة بأن يشرب لعابه مع الحبّ بعينه . وهو نافع من الحمّى المحرقة . ومع حبّه هو أشدّ نفعا وينفع من الحمّى الحادّة المتولّدة من شغل النفس . واذا ضرب اللعاب مع دهن البنفسج الطريّ المركّب على شيرج كان أنجع في حرقة المثانة لمن يحتمل معدته ارخاءه وتزليقه . ثمّ يخرج ويؤكل أو يبقى ويقشر ويطبخ مع العسل وشراب .

وقال يوحنّا بن ماسويه . السفرجل بارد في الدرجة الأولى يابس في وسط الدرجة الثانية يدبغ المعدة ويدرّ[14] البول ويعقل البطن ويقطع نفث الدم . والاكثار منه بثفله يورث القولنج .

جالينوس القول فيه كالقول في التفّاح ونحوه . وربّه أشدّ قبضا من ربّ التفاح . وهو يقوّى المعدة التي قد استرخت .

وقال في كتابه في التدبير { في } الملطّف . السفرجل يصلح المعدة وينهض الشهوة ويدرّ[15] البول .

وقال في كتاب الأغذية . السفرجل مخصوص بشيء ليس هو للتفّاح وهو أنّ فيه فضل قبض . وربّه يبقى[16] مع العسل اذا ما طبخ العسل وحفظ .

وأمّا أنا فانّي اتّخذت من السفرجل المسمّى سطروتيا دواءً ينفع من شهوة مقصّرة منفعةً عظيماً جدّا واتّفق أنّ هذا الدواء بقي موضوعا في موضع نحو من سبع سنين فوجدناه بعد السبع سنين على حاله لم يتغيّر طعمه بتّة . وكان قد جمد وانعقد { قوّته } على فم الاناء الذي كان الدواء فيه شيء كالغشاء كثيف مثل الشيء الذي يجمد وينعقد على العسل وغيره من الأنواع الأخر . وهذا الشيء المنعقد الجامد عليه ينبغى أن يترك على حال ولا يقلع متى أحبّ الدواء أن يطول مكثه ولا يتغيّر . وربّ السفرجل الساذج ينفع من الاستطلاق والقيء والحرارة . والسكنجبين السفرجليّ يصلح للناقه من المرض ويردّ[17] شهوة الطعام ويقوّى المعدة .

١٤ MS : ويذر . ١٥ MS : ويذر . ١٦ MS : ينقى . ١٧ MS :ورد .

ولأورام العين الحارّة . واذا شرب بالشراب ينفع من نفث الدم واسهال البطن ودرور [٧] الطمث . وشراب السفرجل قابض جيّد للمعدة موافق لقروح الأمعاء ووجع الكبد والكلى وعسر البول .

وهذه صنعته . يوخذ سفرجل فيوقر حبّه ويقطع بمنزلة السجم . ويوخذ منه اثنا عشر منّا ويلقى عليه جرّة من عصير العنب ويترك فيه ثلثين يوما . ثمّ يصفّى ويرفع ، وقد يتّخذ منه على جهة أخرى ، يقطع السفرجل ويدقّ ويخلط باثنى عشر قسطا من عصارته [٨] وقسطٍ واحدٍ [٨] من عسل ويرفع .

وقد يتّخذ بصنعة أخرى ويقال له ميلومالي . ويوافق ما يوافق المذكور قبل من الأوجاع . وقد يوخذ من هذا العسل الذي أنقع فيه السفرجل مقدار جرّة فيخلط بجرّتين من ماء طبخ فيه ويصير في أشدّ ما يكون من الحرّ . وقوّته شبيه بقوّة الشراب المذكور قبل.

وقال روفس ، انّ السفرجل مِنْ أصلح الأشياء بحبس[٩] البطن وانهاض الشهوة في المعدة وليس برديء لدرور [١٠] البول . واذا نضج كان أسرع انهضاما .

صفة انضاج السفرجل. يخرج الحبّ منه ويجعل مكانه عسل ويطبّق ويليّن عجينا ويدفن في دقاق الجمر حتّى يستوى العجين .

التجربتان . السفرجل . يوضع مدروسا مع الخير على الرمد في ابتدائه يسكّن أوجاعه وينفع منه . واذا أكل النضيج منه قبل الطعام وصبر عليه حتّى ينهضم أمسك الطبيعة بقبضه وادراره[١١] للبول . والمشوى منه أيضا يفعل ذلك . وهو أسرع انهضاما . وهو نافع من السحج الكائن عن حدّة الأخلاط . واذا ضمد به مشويا الرمد في ابتدائه سكّن الوجع وردع مادّته ولْيَكُنْ ذلك بالنوع الحلو منه . واذا خلط بماء الضومران [١٢] نفع من السحج . وقشره اذا كُرِّرَ في الزيت العذب مرارا حتّى يعطّره قوّى المعدة ونفع من الصداع طلائه للأصداغ بخلّ ومفردا . والربّ المتّخذ منه ينفع من استطلاق البطن بحسب ما يدبّر لجميع أنواعه ولا سيّما الصبيان . وينفع من القيء . واذا عجنت به أضمدة المعدة قوّى فعلها . وكذلك أضمدة الكبد . وكذلك [١٣] لحم المشوى منه وشراب المَيْبَة ساذجا وكيفما أحتيج اليه بحسب العلل والأسنان يقوّى الاعضاء الباطنة وينفع من الخفقان ويضاف اليه بحسب أسباب الخفقان ما يوجبه من الأدوية . وينفع (fol. 9a) من الغشى

٧ MS : وذرور . ٨...٨ MS : وقسطا واحدا . ٩ MS : تحبس . ١٠ MS : لذرور .
١١ MS : واذراره . ١٢ MS : الصومران . ١٣ MS : ولذلك .

either by the scribe of that manuscript, or it was already part of the manuscript from which the scribe of the Codex orient. 126 copied his text. We thus do not know when this marginal note was written nor by whom, but, of course, it must have been in the interval between 646/1248, the date of the death of Ibn al-Bayṭār, and the 16th or 17th century, the date of the writing of the manuscript in which it is to be found now. (The Codex orient. 126 is undated. For a description, *cf.* C. Brockelmann, *Katalog der orientalischen Handschriften der Stadtbibliothek zu Hamburg*, Teil 1 (Hamburg 1908 = Reprinted under the title: *Katalog der Handschriften der Staats- und Universitätsbibliothek zu Hamburg*, Band III: Orientalische Handschriften, Hamburg 1969, pp. 67f).

The text starts on fol. 8b, line 4 with the words:

حاشية ولما رأيت المصنف قد أخذ يذكر السفرجل أحببت أن أذكره وأنحو فيه مثلما نحا هو في غيره

It ends on fol. 9a, line 26 with the words:

انهت الحاشية ورجع الى كلام المصنف .

If I understand the beginning correctly it says: "After I had seen that the author had already started to speak about the quince, I desired to speak about it and follow his example as he followed others". But, there is no beginning of such an article by Ibn al-Bayṭār. Do we therefore have to alter the Arabic text in order to get a sentence like "Since the author had forgotten to speak about the quince I should like to speak about it ..."?

The text of the *ḥāshiya* reads as follows:

سفرجل

أبو حنيفة ، سفرجل بفتح السين لا بضمّ ولا بكسر وهو بأرض العرب كثيرٌ . والواحدة منه سفرجلة وليس في الكلام العربيّ اسم لا زيادة فيه اكثر عدد حروف منه .

ديسقوريدوس في الأولى . [١] قودنياميلا [١] وهو السفرجل . انّه جيّد للمعدة مدرّ [٢] للبول . وان شوى كان أقلّ لخشونته وكان نافعا للاسهال [٣] المزمن وقروح الأمعاء ونفث الدم والهيضة . وغير المشوى أقلّ فعلا . ونقيع السفرجل موافق للمعدة والأمعاء التي يسيل اليها الفضول [٤] . وعصارته تنفع من عسر النفس المحوج الى الانتصاب . وتعمل من طبيخه حقنة لنتوء [٥] الرحم والمقعدة . والمربّى منه بالعسل يدرّ [٦] البول . والعسل الذي يربّى فيه يعقل البطن ويقبض . والمطبوخ منه بالعسل جيّد للمعدة . ويخلط بالضمادات التي تعقل البطن وتذهب بالقيء والغثي والتهاب المعدة والثدى الوارم ورَماً صلبا وجساء الطحال والبواسير . وزهر شجرة السفرجل يصلح للضمادات القابضة رطبةً كانت أم يابسةً

١...١ MS : يردنا وملا . ٢ MS : مذر . ٣ MS : للاسها . ٤ MS : الفصول . ٥ MS : لنتوّ . ٦ MS : يذر .

NOTES AND CORRESPONDENCE

Al-Safarjal

A Marginal Note to Ibn al-Bayṭār, Kitāb al-jāmiᶜ li-mufradāt al-adwiya wal-aghdhiya

RAINER DEGEN*

The printed edition of the *K. al-Jāmiᶜ li-mufradāt al-adwiya wal-aghdhiya* of Ḍiyā' al-Dīn a. Muḥammad ᶜAbd Allāh b. Aḥmad, known as Ibn al-Bayṭār (died 646/1248), which appeared in four volumes in Būlāq 1291 and was reprinted in Baghdad (no date, ca. 1972), has, as is well known, many shortcomings. Besides the omission of single words or whole sentences and the misprints of the names of some Greek authors the whole article about *al-safarjal* (the quince) is missing. It is therefore a common practice to quote from the German translation of this article which is to be found in J. von Sontheimer's *Grosse Zusammenstellung über die Kräfte der bekannten einfachen Heil- und Nahrungsmittel. Von Abu Mohammed Abdallah Ben Ahmed aus Malaga, bekannt unter dem Namen Ebn Baithar, aus dem Arabischen übersetzt*, Bd. I.II, Stuttgart 1840-1842, Vol. II, pp. 25-27.

When I read the note of Lucien Leclerc in his French translation of the *K. al-Jāmiᶜ*, published in the *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque Nationale et autres bibliothèques* (Paris), Tome XXIII/1 (1877); XXV/1 (1881); XXVI/1 (1883), Vol. 25, 1881, p. 256 "L'article Seferdjel manque dans notre manuscrit, ainsi que dans les mss. 1026,1071. Une note marginale de ce dernier ms. nous informe que l'auteur l'avait omis par inadvertance, قصر في ترك ذكره . Sontheimer l'a trouvé dans le ms. de Hambourg. C'est un long article tout à fait dans le style d'Ibn el-Beithâr", I thought it worthwhile to investigate the matter in order to see whether there is an article about the quince by Ibn al-Bayṭār or not.

My thanks are due to the Director and the Keeper of manuscripts of the Staats - und Universitätsbibliothek Hamburg who kindly sent me a microfilm of the Codex orient. 126, the manuscript which J. von Sontheimer used for his translation, and allowed me to publish the Arabic text about the quince.

As can be seen from the following text, the article about the quince was not written by Ibn al-Bayṭār himself. It is in reality an anonymous marginal note to a manuscript and became incorporated into the Codex orient. 126,

* Philipps-University, D-3550 Marburg/Lahn, W. Germany

into Arabic.[14] The colophon of what appears to be the unique existing manuscript (Ahmet III no. 3457) refers to a copy in the possession of the Banū Mūsā, so the translation was certainly done by the middle of the ninth century, that is over a hundred years before al-Bīrūnī was born. Hence it is possible that he had read Pappos' *Book VIII* and this could account for the coincidence of his methods with the problems in Pappos. However it is at least as likely that he was simply drawing on the same Hellenistic tradition as Pappos was, and the coincidence we have seen was the result of two men reading the same books — albeit at different times and in different languages.

14. For a discussion of this manuscript see D. E. P. Jackson, "The Arabic Translation of a Greek Manual of Mechanics", *Islamic Quarterly*, 16 (1972) 96-103. The manuscript is in Istanbul at the Topkapi Sarayi Museum and is catalogued by F. E. Karatay in *Topkapi, Sarayi Müzesi Kütüphanesi, Arabça Yazmalar Katalogu*, (Istanbul, 1966) Riyaziat 7008, Vol. iii C. III p. 737.

Fig. 2

problem in an abstract and uninteresting form. In al-Bīrūnī's work the problem becomes interesting because of its connection with a real problem in geography and the three solutions he gives, though in varying degrees impracticable (see Kennedy,[12] p. 22), are all carefully worked out, and the last two solutions could be profitably used today by a teacher wishing to explain some basic facts of spherical astronomy to a student.

The second method of al-Bīrūnī also echoes a problem in Pappos. According to this method the operator constructs a right circular cone with an opening for the hand near the base and a small hole at its apex. He then slides this over the surface of a hemisphere, whose base is parallel to the horizon, and adjusts the cone on the surface until the rays of sunlight entering it through the apex hits the center of the cone's circular base. He marks this spot and repeats this operation twice during the course of a day. The three points define the circle of the sun's path and the angle between the pole of this circle and the zenith on the hemisphere is the colatitude.

This is simply Problem 17 of Pappos' *Book VIII*: Given a sphere and a point outside it, find where the line joining the point to the center cuts the surface. And al-Bīrūnī solves it with an isoceles cone, just as Pappos did.

The third method is similar. Al-Bīrūnī replaces the cone by its axis and, at three times of the day, finds the point where the axis casts no shadow.

Thus there is a remarkable coincidence between Problems 15-18 in Pappos and some of the methods explained in Chapter 1 of al-Bīrūnī's book. Problem 16 in Pappos still is unexplained, but it may be that it too, one day, will be seen as an abstraction of a problem in mathematical geography.

Of course, *Book VIII* of Pappos' *Mathematical Collection* was translated

in Greek mathematics, but it turns out that 15 and 17 are simply abstract versions of problems in mathematical geography that are stated and solved in al-Bīrūnī's *The Determination of the Coordinates of Positions*[11] (Professor E. S. Kennedy has recently published a very helpful commentary to this work, but he does not mention the work of Pappos in connection with the methods of al-Bīrūnī[12]). The Central Asian scholar Abū Rayḥān al-Bīrūnī was born in Khwarazm in 362 A.H. (973 A.D.) and died sometime after 442 A.H. (1050 A.D.). With over 142 works to his credit, including treatises on the exact sciences, medicine, literary subjects, and his classic *India*, he is remembered as one of the greatest scholars medieval Islamic civilization produced. In this work he is concerned with illustrating methods that may be used to determine the coordinates of cities, so he begins in Chapter I to discuss the problems of finding the latitude of a given place on the earth's surface. In the first part of this chapter he tells how to determine latitude by observation of the two meridian crossings of a circumpolar star. He then turns to the case of observations of a star whose day-circle intersects the horizon and describes three methods[13] one may use to determine latitude, each requiring three observations of the star or the sun.

In the first method (Fig.2) E is the "center of the whole" and EK, EL, and EM are rods of equal length that pivot freely at E. Arc DBH is the visible part of the star's day-circle, DGA the intersection of this circle with the horizon, and BEG the meridian. The O operator sights the star along each rod in turn at three different positions Z, H, T, and fixes each rod in the line of sighting. (The details of the text are uncertain at this point but the main idea is clear enough). He places a ruler either along line KL or KM. (The text and diagram contradict each other at this point but let us stay with the diagram and say KM—it makes no difference). Next he moves the ruler along this line until it meets the horizon at S. From S he drops a perpendicular to BG, from L a perpendicular LO to the horizon, and from O he draws a line OF parallel to EG. Al-Bīrūnī uses similar triangles and easily shows that angle LFO is the colatitude of the city.

It is evident that since al-Bīrūnī assumes the meridian is given he has no need of a third point, and any two of K, L, M would suffice. Yet he uses three, and this may be because texts like that of Pappos had made this traditional. It is also evident that it is essentially the same problem that both Pappos and al-Bīrūnī solve, the difference being only that Pappos gives the

11. Al-Bīrūnī, Abū Rayḥān. *The Determination of the Coordinates of Positions* (*Kitāb taḥdīd nihāyāt al-amākin*, tr. Jamil Ali, American University of Beirut, Beirut, 1967).

12. Kennedy, E. S., *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin* (American University of Beirut, 1973), pp. 18-22.

13. *Al-Bīrūnī*, pp. 39-43.

> given outside its surface and let it be proposed to obtain the points at which the straight line joining the two points cuts the surface.

Most writers on Greek mathematics have thought these four problems not worth serious attention. We have already seen Hultsch's opinion that they are an interpolation. T. L. Heath[5] makes no mention of them nor does Ivor Bulmer-Thomas.[6] In his discussion Paul ver Eecke[7] writes as follows:

> A la suite de quelques propositions sur la sphère (prop. 15 à 18), qui, en raison de leur intérêt médiocre et de leur rédaction négligée, paraissent avoir été interpolées dans son ouvrage, Pappus présente la belle proposition 19, qui résout le problème de l'inscription de sept hexagones réguliers égaux dans un cercle donné,...

Certainly the passage seems out of place. The first part of book VIII contains discussions of what Pappos calls the theoretical parts of mechanics and the second part begins with a discussion of mechanical instruments and how these instruments may be used to solve the Delian problem and find the diameter of a broken piece of column. Then Pappos solves these four problems after which he returns to the discussion of "instrumental" problems.

There seems to be something strange about Problems 15-18, but Hultsch is wrong in characterizing the mathematical method in these problems as "one taught at a time later than that at which Pappos lived". In fact the method Pappos uses, especially in Problem 16, is strongly reminiscent of the analemma constructions taught several centuries before Pappos. The basic principle of these constructions is that one solves problems concerned with solids by transferring plane sections of these solids onto a plane and working with them there. Examples of this technique exist in Vitruvius' *On Architecture*,[8] Ptolemy's *Analemma*,[9] and in Pappos' discussion of how to construct a plane with a given inclination to the horizontal.[10] Although the method may have been taught after Pappos' time it was in use centuries before his time.

The real difficulty with Problems 15-18 of Pappos' *Book VIII* is rather in understanding what the context was for these problems. They are unique

5. Heath, T. L., *A History of Greek Mathematics*, (Oxford, 1921), vol. II.

6. *Dictionary of Scientific Biography*, (Scribners: New York, 1974), Vol. X, pp. 293-304.

7. Pappus d'Alexandrie, *La Collection Mathématique*, tr. P. ver Eecke, (Desclée De Brouwer & Co., Paris-Bruges, 1933).

8. Vitruvius, *De Architectura* tr. F. Granger, (G.P. Putnam's Sons, New York, 1931), Vol. II, Book IX, vii.

9. Ptolemy (Claudius Ptolemaeos), *Analemma*, ed. J. L. Heiberg, (Teubner, Leipzig, 1907), Opera Vol. II.

10. Pappos, pp. 1048-52.

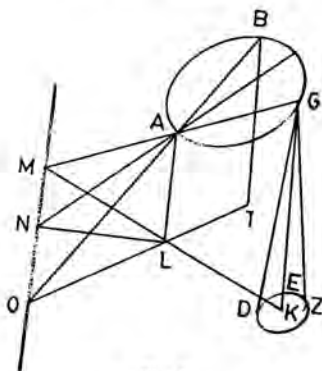


Fig. 1

given. Similarly let perpendiculars *BT*, *AL* be produced from *A*, *B*. Let the joining lines *KL*, *TL* be produced, and let this be done so that *(GK, AL)* = *(KM, ML)* and *(BT, AL)* = *(TO, OL)*.[4] Thus *MAG*, *BAO* are straight lines and they will be in the plane of the circle *ABG*. Therefore *MO* is the common section of this (plane) and the assumed plane. Let the perpendicular *LN* be drawn from *L* onto *MO*, and let *AN* be joined so *AN* will be perpendicular to *MO*. Thus, the angle *ANL* is furnished, the inclination of the planes.

Proposition 16: When an elevated sphere has a given position relative to an assumed plane, find both the point on which, brought perpendicularly downward, it falls and the smallest straight line cut off from the perpendicular between the two points, the one on the surface of the sphere and the other on the plane.

Proposition 17: A sphere being supposed and a given point outside of it, to find the point at which the straight line joining the given (point) to the centre cuts the surface.

But this is evident, for if any straight line falling on the surface from the given (point) be rotated then this will describe a circle and the pole of this (circle) will be the point sought.

Proposition 18: Again suppose a sphere and let two points be

4. The notation (*X*, *Y*) denotes the ratio of *X* to *Y*. This convention was introduced by E. J. Dijksterhuis and is useful because it does not carry with it connotations of modern ideas of ratio.

A Coincidence of Pappos' Book VIII with al-Bīrūnī's Taḥdīd

J. L. Berggren*

In the early fourth century of our era Pappos of Alexandria wrote his work *The Mathematical Collection*[1] as an aid for those who studied mathematics. Book VIII of this work contains Pappos' account of theoretical and practical mechanics and it includes four problems which the editor of the Greek text, F. Hultsch, characterized as "composed by a mediocre writer according to a mathematical method taught at a time ... later than that at which Pappos lived".[2]

The purpose of this paper is to draw attention to a coincidence of these problems with methods used by al-Bīrūnī to determine the latitude of a place on the earth's surface. This suggests a context within ancient science for what has hitherto been a rather pointless sequence of problems in Pappos' work. In addition we shall see that Hultsch was mistaken in his remarks about the mathematical method of these problems.

We first translate these four problems of Book VIII following the Greek text established by Hultsch, where they occur as Propositions 15-18.[3] We also translate the proofs of 15 and 17.

> *Proposition* 15: First it will be described how, given a suspended circle not in a plane perpendicular to an assumed plane, to find the common section of the two planes and the inclination (Figure 1).
>
> Let there be a suspended circle and choose on it three points A, B, G, and let perpendiculars be drawn from these to the assumed plane. They are drawn thus: Let the line GD falling from G onto the plane be rotated and let it touch the plane at two other points E, Z, and let the centre K of the circle through DEZ be taken. Then the perpendicular from G falls on K, and K is

* Department of Mathematics Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada V5A 1S6.

1. Pappos of Alexandria, *Collectionis quae supersunt*, ed. F.Hultsch, (Berlin, 1878), vol. III.
2. Pappos, p. 1085, n. 1.
3. Pappos, pp. 1084-96.

Bibliographie

1. Abū Naṣr, *Risāla fī maᶜrifat al-qusiy al-falakiyya baᶜḍihā min baᶜḍ bi-ṭarīq ġayr ṭarīq maᶜrifatihā bi-l-shakl al-qaṭṭāᶜ wa-n-nisbat al-muᵓallafa.* ms Bankipore 2468/18 (100v-103r); éd. *Rasāᵓil Abī Naṣr* nº 8, (Hyderabad, 1948) 13p.

2. Abū Naṣr, *Risāla fī taṣḥīḥ mā waqaᶜa li-Abī Jaᶜfar al-Khāzin min as-sahw fī zīj al-ṣafāᵓiḥ.* ms Bankipore 2468/9 (66v-75v); éd. *Rasāᵓil Abī Naṣr* nº 3, (Hyderabad, 1948) 50p.

3. Abū Naṣr, *Risāla fī barāhīn aᶜmāl jadwal at-taqwīm fī zīj Ḥabash al-Ḥāsib* ms Bankipore 2468/8 (50v-66v); éd. *Rasāᵓil Abī Naṣr* nº 4, (Hyderabad, 1948) 71p.

4. (anon.), *Kitāb jāmiᶜ qawānīn ᶜilm al-hayᵓa.* ms Saray 3342/1 (54 folios).

5. Bīrūnī, al-, *Kitāb maqālīd ᶜilm al-hayᵓa mā yaḥduth fī saṭḥ basīṭ al-kura.* ms Sipahsālār 597/25 (163r-184v).

6. Braunmühl, A. von, "Nassir Eddin Tûsi und Regiomontan" *Abhandlungen der kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher* 71 (1898), 31-68.

7. Braunmühl, A. von, "Zur Geschichte des sphärischen Polardreieckes", *Bibliotheca Mathematica*, NF 12 (1898), 65-72.

8. Braunmühl, A. von, *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie*, tome 1, (Leipzig, 1900).

9. Hairetdinova, N. G., "Trigonometricheskii traktat isfahanskogo anonima", *Istoriko-matematicheskie issledovaniya*, 17 (1966), 449-64.

10. Hairetdinova, N. G., "Sobranie pravil Nauki Astronomii", *Fizikomatematicheskie Nauki b Stranah Vostoka*, (Moscou, 1969), 147-90.

11. Ibn Muᶜādh, Abū ᶜAbdallāh Muḥammad, *Kitāb majhūlāt qusiy al-kura.* ms Esc. 960/1 (22 folios).

12. Irani, R., *The "Jadwal al-taqwīm" of Ḥabash al-Ḥāsib*, American University of Beirut 1956 (thèse non publiée).

13. Juyūbī, Muḥammad b. Ḥasan al-, *Tashrīḥ al-kura*, ms Dār al-Kutub Mīqāt 1202.

14. Kennedy, E. S., "Al-Bīrūnī's *Maqālīd ᶜilm al-hayᵓa*", *Journal of Near Eastern Studies*, 30 (1971), 308-14.

15. Luckey, P., "Zur Entstehung der Kugeldreiecksrechnung", *Deutsche Mathematik*, 5 (1941), 405-46.

16. Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, *Kitāb al-shakl al-qaṭṭāᶜ*. Ed. et trad. A. Caratheodory, *Traité du quadrilatère*, (Constantinople, 1891).

17. Samsó, J., *Estudios sobre Abū Naṣr Manṣūr b. ᶜAlī b. ᶜIrāq*, (Barcelone, 1969).

18. Suter, H., "Zur Geschichte der Trigonometrie", *Bibliotheca Mathematica*, NF 7 (1893), 1-8.

des cercles *TZ*, *LM*, ces deux cercles passent également par les pôles

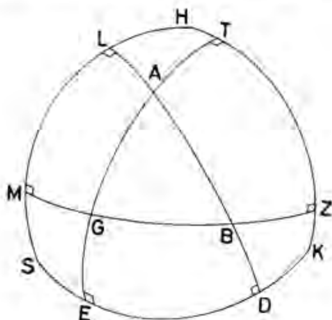


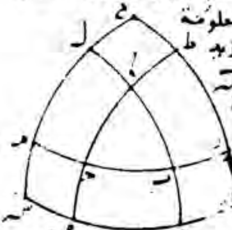
Fig. 22

de *BG* et le point *H* est le pôle de *BG*. Par suite, *KE*, *DS*, *KT*, *ZH*, *MH* et *LS* sont des quarts de grands cercles. Or les arcs *DE*, *TZ*, *LM* étaient connus. Les côtés *KH*, *HS*, *SK* sont donc connus car chacun dépasse le quadrant du complément d'un arc connu. D'après le lemme, on connaît alors les angles *H*, *K*, *S*. Par suite, les arcs *TE*, *ZM*, *LD* sont connus. *TE* dépasse le quadrant du complément de *AG*, *ZM* dépasse le quadrant du complément de *BG* et *LD* dépasse le quadrant du complément de *AB*. Il en résulte que les arcs restants *AB*, *AG* et *BG* sont connus. C'est ce que nous voulions démontrer".

ما ضلعه الذي هو ابو جيب الزاوية التي يوترها ذلك الضلع ... ونضعا على جهة التفصيل فنا
خرج دة حج الى الجهتين حتى يلتقيا على زح فلان زاوية د قائمة كان زاوية ه قائمة وزاويتا
زح مشتركا ويكون نسبة جيب بد الى جيب ح كنسبة جيب جه الى جيب حز واذا بدلنا
كان نسبة جيب بد الى جيب جه كنسبة جيب ح الى جيب حز ونسبة جيب بد الى جيب ده ح
معلومة كنسبة جيب ح الى جيب حز معلومة ومجموع ح حز معلوم
فكل واحد من ح حز معلوم وبان البرهان على ما نعدم ثم نعيد
مثلث ابج على ما فرضه ابو جعفر الخازن ونقول ان اضلاعه



معلومة برهانه انا نتمم ارباع دوائر ونديرها على قطب كل
واحدة من نقط ا ب ج بعد ضلع المربع تبتني هذه طز كم وجهها
حتى يلتقي بهذه الدوائر الثلث كالسمت على نقط ط ح س فتحدث مثلث طحس من دوائر
عظام ولان زوايا ابج معلومة فان قسي ده طز كم معلومة ولان دائرة اج تمر على
اقطاب دايرتي ده طز فان ما بين الدايرتين ايضا تمر على قطبي دايرة اج ونقطة ح
قطب اج ولان دائرة اب تمر على اقطاب دايرتي ده كم فان ما بين الدايرتين ايضا
تمران على قطبي اب فنقطة س قطب اب ولان دايرة بج تمر على اقطاب دايرتي طز كم
فان ما بين الدايرتين ايضا تمران على قطبي بج فنقطة ح قطب بج ولذلك ...



... ارباع دوائر عظام وقسي ده طز كم كانت معلومة
فاضلاع طح حس سط معلومة لان كل واحد منها يزيد
على الربع بتمام قوس معلومة الى الربع فزوايا ط ح س
لما قدمنا معلومة وبقي طه دم لذلك تصير معلومة
وطه يزيد على الربع بتمام اج الى الربع ودم يزيد على الربع
تمام بج الى الربع ولد يزيد على الربع بتمام اب الى
الربع فتبقى اب اج بج معلومة وذلك ما اردنا
ان نبين واذ قد اتينا على تبيين الغلط فيما اتى به
ابو جعفر في هذا المعنى وبينا كيف نصير اضلاع اب اج بج معلومة فانا نضرب عن
سائر الاوضاع لاضلاع المثلث صفحا فان الغرض كان في اصلاح الغلط وقد تمكن ايضا
تامل هذه الطرق من استخراج البراهين لسائر الاوضاع فانها متشابهة ولعله ان يكون
قد وقع لابي جعفر من السهو اكثر ما ذكرنا الا انا لم نستوف تصفح كتابه ولا قصدنا ايضا
... ولكنا احوجنا ... من كتابه من غير ان يكون منا قصد لذلك واذ جرى
... واحببت ان اصلحه لك اتيت في ذلك بما رأيته الواجب مما نظر في باب
من ... العلم والحقوق فيه مثل ما ذكرته لك ان لا نعرض عن تبيينه واصلاح فاسده
فعماك ان تشهد ذكرات العلماء عما قرأت ما لا استحسنه ومن ماجاء فيه احد من اهل

ms Bankipore 2468 f. 75

seulement que H et K sont les pôles respectifs des côtés AB et AG, de sorte que sa démonstration est assez éloignée de celles du *Traité* et de la *Risāla*.[30]

Dans l'article déjà cité, P. Luckey, soulignant l'importance du seul fait de remplacer le quadrilatère et ses arcs par les six éléments d'un triangle, notait que ce changement ouvrait la voie à des notions nouvelles telles que celle du triangle polaire.[31] Revenons maintenant à la figure construite par Abū Ja^cfar al-Khāzin (fig.19). Supprimons l'arc DZ et prolongeons les arcs DE, LM jusqu'à leur point de rencontre S et les arcs ML, ZT jusqu'à leur point de rencontre H. Nous obtenons, avec les mêmes lettres, la figure (22) qu'a construite Abū Naṣr après avoir corrigé, sur la précédente, la mesure de l'angle K et la position du point S. Cette remarque n'ôte rien à l'intérêt de sa démonstration. Certes, sa construction du précieux outil que constitue le triangle polaire a bénéficié de circonstances favorables; elle vient néanmoins s'ajouter à la contribution déjà très importante qu'a apportée à la trigonométrie sphérique celui qui fut le maître de Bīrūnī.

Voici la démonstration d'Abū Naṣr:[32]

> "Reprenons maintenant le triangle ABG dans l'hypothèse d'Abū Ja^cfar al-Khāzin.[33] Il dit que ses côtés sont connus.
>
> Démonstration: Complétons les quarts de cercles et traçons, en prenant pour pôles chacun des points A, B, G et pour ouverture, le côté du carré, les arcs ED, TZ, LM que nous prolongeons jusqu'à ce que ces trois cercles se rencontrent aux points K, H, S. Il en résulte un triangle KHS formé d'arcs de grands cercles. Les angles A, B, G étant connus, les arcs DE, TZ, LM sont connus. Le cercle AG passant par les pôles des cercles DE, TZ, ces deux cercles passent également par les pôles du cercle AG et le point K est le pôle de AG. Le cercle AB passant par les pôles des cercles DE, LM, ces deux cercles passent également par les pôles de AB et le point S est le pôle de AB. Le cercle BG passant par les pôles

30. Bien meilleure est l'application qu'en fait l'auteur andalou du XI^e siècle, le qāḍī Abū ^cAbd-allāh Muḥammad Ibn Mu^cādh (*DSB* al-Jayyānī) dans son *Kitāb Majhūlāt qusiy al-kura*. Ce traité extrêmement important pour l'histoire de la trigonométrie a été étudié récemment. Je n'ai malheureusement vu qu'une partie de la thèse de Madame V. Villuendas, qui m'a été communiquée par le Docteur D. King ainsi que l'un des deux manuscrits utilisés par Mme Villuendas. Je peux donc seulement renvoyer à ce manuscrit où, à propos du même problème présenté comme beaucoup plus difficile à résoudre que les autres cas, Ibn Mu^cādh construit le triangle polaire à partir de ses sommets. Sa méthode ne doit donc rien à celle d'Abū Naṣr. ((11) 17v:21 – 19r:8).

31. (15) p. 412. Concernant une autre utilisation du triangle polaire par Abū Naṣr, l'interprétation de R. Irani ((12) p. 120 et pp. 101-2 = (3) p. 28) me semble erronée. F. Sezgin (*GAS*. V p.57) ne cite pas ses sources.

32. Le texte (ms 75r:6-23) est reproduit page suivante.

33. En fait, Abū Naṣr se place dans la condition plus restrictive où les trois angles donnés sont aigus; d'où l'hypothèse des côtés supérieurs à des quadrants pour le problème précédent (cf. note 16).

son étude de la nature respective des côtés et des angles d'un triangle sphérique, en rendant symétrique le tableau qui résume sa classification.[26] Il est vrai qu'Abū Naṣr, dans sa *Risāla*, n'a pas accordé au procédé l'importance qu'il méritait. Reconnaissons que cela lui aurait été difficile car il ne faisait ici que traiter incidemment ces deux cas de résolution[27] et ne disposait par ailleurs que du beau théorème des sinus, malheureusement invariant par dualité.

Il faut bien parler de cette oeuvre dédiée à Kundurī, qui présente dans sa composition une similitude troublante avec le *Traité du quadrilatère* et dans laquelle apparaît encore la même construction.[28] L'auteur inconnu du *Jāmiᶜ qawānīn ᶜilm al-hayʾa* construit effectivement le triangle polaire pour calculer les côtés d'un triangle connaissant ses angles, mais sans avoir étudié au préalable le problème inverse. Il est permis de voir dans son tracé (fig.a) la superposition des deux figures (20 et 22) construites par Abū Naṣr. Comme lui, après avoir montré que les côtés du triangle *HKN* sont les suppléments des

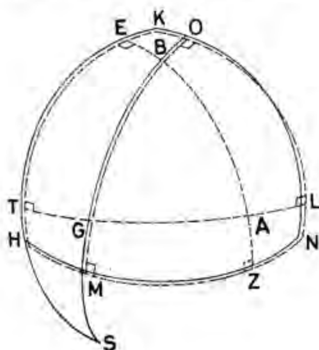


Fig. a

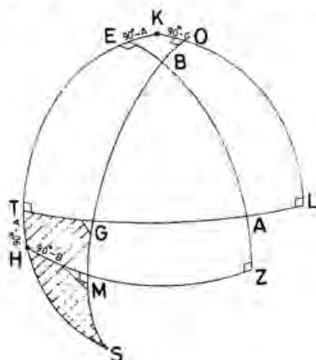


Fig. b

mesures des angles du triangle initial, il calcule *SH* par la différence des arcs *SK* et *SH* et le rapport de leurs sinus. La suite est passablement compliquée pour trouver (fig.b), à l'aide des éléments des triangles *SHM* et *STG*, l'arc *MG*, complément du côté BG.[29] En somme, du triangle polaire, il utilise

26. (16) trad. pp. 121-36.

27. Qui sont indépendants dans le texte d'al-Khāzin.

28. Le "Recueil des règles de la science astronomique" (unique ms à Istanbul (4)), décrit (9) et partiellement traduit en russe (10).

29. (4) 49v:18-50r:12, (10) p.174 et (9) pp. 461-2. il calcule successivement dans *SHM*:*S* (I) et *SM* (III), puis dans *STG*: *ST* (V alors que *SH* et *HT* sont connus) et *SG* (I), d'où *MG* puis *BG*.

naît les côtés *GZ* et *GE*.[18] Les angles *A* et *B* de *ABG* s'obtiennent par le théorème des sinus. Une variante (fig. 21) consiste à déduire *GZ* de la somme de *ZG* et *BH* et du rapport de leurs sinus.

Nous connaissions, dans son principe, cette démonstration qui se trouve dans le *Traité du quadrilatère*.[19] Elle se reconnaît dans d'autres ouvrages,[20] dont un traité de trigonométrie sphérique datant vraisemblablement du XI[e] siècle, intitulé *Tashrīḥ al-kura*, qui est conservé dans un manuscrit du Caire.[21] L'auteur, un certain Muḥammad b. Ḥasan al-Juyūbī (?), traite ce cas en plus de ceux étudiés par Bīrūnī dans *Maqālīd ᶜilm al-hayʾa*,[22] mais il n'envisage pas non plus la donnée des trois angles.[23]

La manière dont Abū Naṣr ramène le calcul des côtés d'un triangle, connaissant ses trois angles, à celui des angles de son triangle polaire, n'a pas à être décrite car c'est exactement celle du *Traité*;[24] il suffira de se reporter à la traduction donnée à la fin de cet article pour voir que Naṣīr al-Dīn n'a eu qu'à supprimer quelques répétitions. Bien que ce dernier ne cite pas Abū Naṣr, il ne fait guère de doute qu'il lui a emprunté sa démonstration. On peut penser, en effet, que s'il avait lui-même découvert la méthode dans un cas de résolution, il aurait au moins signalé la dualité existant entre d'autres cas.[25] En outre, le triangle polaire pouvait lui permettre de réduire considérablement

18. Ce calcul qui n'offre aucune difficulté contient une erreur. Après avoir obtenu *Z* par (I), Abū Naṣr déduit *G* de $(90^\circ - G) = \delta_Z\,(90^\circ - z)$ qu'il faut corriger en: $(90^\circ - Z) = \delta_G\ (90^\circ - z)$ (V").

19. (16) trad. pp. 196-7, cinq figures dans le texte arabe p.152. La fin diffère: au lieu de *G*, Naṣīr al-Dīn calcule l'angle *A*. H. Suter a noté l'élégance de sa démonstration ((18) p.6).

20. (11) 17r:25-17v:21, (4) 50r:18-50v:2 (trad. (10) p.175).

21. (13) . Le Docteur D. King a attiré mon attention sur ce traité qui comprend: 1° une brève étude du théorème de Ménélaüs pour la sphère, 2° (16v-) l'exposé des théorèmes qui en dispensent, 3° (40v-58) une classification des triangles selon les angles et leur résolution. Les démonstrations sont de Thābit, Ibn Sīnā et des auteurs cités dans *Maqālīd*. Bīrūnī et ses contemporains y sont présentés comme des "Modernes".

22. A savoir 15 cas pour les triangles rectangles ((5) 171r:17 – 172v:15) et quatre seulement pour les triangles quelconques, ceux qui se prêtent à la décomposition en triangles rectangles ((5) 173r: 3-21).

23. Pour le premier problème ((13) 49r:10 – 49v:13) avec une seule figure (= fig.20 pour *A*, *B*, *G*, aigus), il calcule *GZ* comme Abū Naṣr, puis g ($\frac{\text{Cos } e}{\text{Cos } g} = \frac{\text{Cos } z}{R}$ (III, dans l'Almageste d'Abū al-Wafāʾ par ex.)) et *G* (I) du triangle *GEZ*. Il démontre par ailleurs ((13) 35-40) les deux lemmes de l'*Almageste* (réf. *Alm.* I fig. 11 et 13 = Manitius I 13) sans utiliser celui qui permet le calcul de deux arcs connaissant leur somme et le rapport de leurs sinus.

24. (16) trad. pp. 197-8. La méthode est décrite par A. von Braunmühl (6) p.51, (8) pp. 70-1, par A. P.Youschkevitch, *Les mathématiques arabes* 1976, p.145, elle est citée par P. Tannery, J. Tropfke etc ...

25. Dans les autres cas, il ajoute des démonstrations par la règle des tangentes, ce qui, dit-il, ne lui a pas été possible pour les deux derniers: "pour ma part, j'ignore ce procédé que je n'aurais pas manqué d'insérer dans ce traité si je le connaissais" ((16) trad. p.199).

(2 angles et le côté adjacent), puis de *AB* et *GB*. Pour obtenir *AG*, il complète les quarts de cercles *BL*, *BM*, trace *LM* qu'il fait passer par *E* et applique le théorème de Ménélaüs au quadrilatère *BLEG*.

Abū Naṣr n'a aucune peine à démontrer que l'angle *K* n'est pas droit, mais a pour mesure le supplément de l'arc *AG*, et que l'arc *LM* ne passe par *E* que si l'angle *A* est droit. Il s'étonne de la gravité des erreurs commises: "Ces deux fautes sont énormes de la part de quelqu'un tel qu'Abū Jaᶜfar. Il dit pourtant que la question à laquelle il a consacré ce traité était l'un des problèmes abordés au cours d'une correspondance qu'il a eue avec Ibrāhīm b. Sinān et qu'après avoir réfléchi et s'être référé aux *Sphériques* de Ménélaüs, il a repris des points qui lui avaient échappé au premier abord; c'est alors qu'il a composé ce traité".[15] Nous reviendrons cependant sur la figure construite par al-Khāzin.

"Quant à nous – poursuit Abū Naṣr – nous montrons comment connaître les côtés connaissant les angles par une méthode exacte. Nous présentons d'abord ce lemme: soit un triangle *ABG* tracé à la surface d'une sphère, dont les côtés, supérieurs à des quarts de grands cercles,[16] sont connus; je dis que ses angles sont connus".

L'idée du lemme est de construire (fig. 20) *DEZ* pour déterminer *GZ* par la différence des arcs *ZB*, *ZG* et le rapport de leurs sinus.[17] Il ne reste plus qu'à calculer *G* dans le triangle rectangle *GEZ* dont on con-

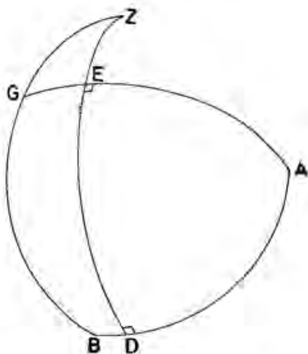


Fig. 20

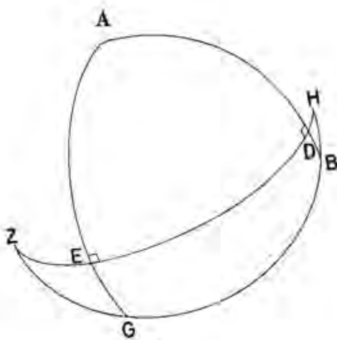


Fig. 21

15. (2) éd. p.45. F. Sezgin interprète différemment ce passage (*GAS* V p.299 n°5).

16. Pour une raison qui apparaîtra ensuite.

17. $\frac{\text{Sin ZG}}{\text{Sin ZB}} = \frac{\text{Sin GE (connu)}}{\text{Sin BD (connu)}}$ est une conséquence de (I). La détermination de ZG et ZB connaissant leur différence en résulte d'après un théorème qu'Abū Naṣr suppose connu (= *Almageste*, Manitius I 13) et dont il a lui-même donné ailleurs une démonstration (cf. (16) trad. pp. 76-81). Si, comme ce texte permet de le supposer, al-Khāzin a donné pour ce cas une démonstration exacte, ce pourrait être le point de départ de sa méthode : la construction de l'arc *DEZ* est naturelle pour l'application du théorème de Ménélaüs et celui-ci conduit à la première égalité. La même construction est faite aussi pour d'autres cas dans le *Traité du quadrilatère*.

sa "Table des disques", concernent plus ou moins directement l'astronomie sphérique. Les deux dernières font partie des lemmes d'un traité *(maqāla)* qu'al-Khāzin a joint à son Zīj pour étudier "la variation du mouvement de l'apogée et tout ce qui s'y rattache".[12] L'une, qui est la seconde figure du traité, représente une tentative assez curieuse de construction du "plus grand" triangle sphérique. C'est l'autre, correspondant à la onzième figure, qui va fournir à Abū Naṣr l'occasion d'utiliser le triangle polaire. Abū Jaᶜfar, rapporte Abū Naṣr, "après avoir montré[13] que si un triangle tracé à la surface d'une sphère a ses côtés connus, ses angles sont connus, a voulu démontrer qu'un triangle dont les angles sont connus a aussi ses côtés connus". Puis il cite sa démonstration faite pour un triangle ABG dont les côtés inconnus sont supposés "inégaux et inférieurs à des quadrants":

> En résumé, (fig. 19)[14] al-Khāzin trace les quarts de cercles AE, AD, GZ, GT et les arcs EDK, TZK, DZ. Il trouve que dans le triangle DZK, ZK ($= 90^{\circ} - G$), DK ($= 90^{\circ} - A$) et K ($= 90^{\circ}$) sont connus. Il en déduit,

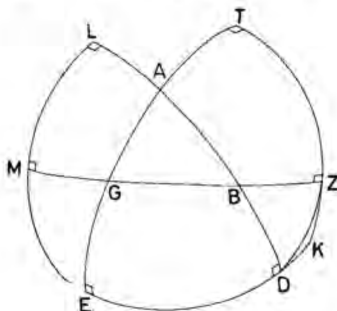


Fig. 19

> d'après un résultat précédent, que le triangle est connu (2 côtés et l'angle compris). Il en est de même de BDZ dont on connaît D, Z et DZ

12. . لاختلاف حركة الاوج وسائر ما يتبع ذلك . . ((2) éd. p.39). Il s'agit de la trépidation des équinoxes dont, selon Bīrūnī (*al-Āthār al-bāqiya* . . , éd. Sachau 1923 p.326), on trouve une bonne explication dans le *Zīj al-ṣafā'iḥ* d'al-Khāzin et dans le *Kitāb ḥarakāt al-shams* (le livre des mouvements du soleil) d'Ibrāhīm b. Sinān. Les développements de cette question, ainsi qu'il apparaît d'après les lemmes établis par al-Khāzin et son recours, cité plus loin, aux *Sphériques* de Ménélaüs, font appel à la trigonométrie sphérique.

13. من بعد أن قدم . Le passage étudié se trouve dans l'édition (2) pp. 42-49.

14. Numérotation de l'édition. Les figures ne sont pas numérotées dans le manuscrit.

tions usuelles[6] ce sont, pour un triangle ABG éventuellement rectangle en B:

1° le théorème général des sinus $\frac{\text{Sin } a}{\text{Sin } b} = \frac{\text{Sin } A}{\text{Sin } B}$

et en particulier, si B est droit $\frac{\text{Sin } a}{\text{Sin } b} = \frac{\text{Sin } A}{R}$ (1)

2° deux formules du triangle rectangle obtenues comme corollaires de la précédente et qui sont très proches de la relation

$$\cos A = \cos a \, . \, \sin G \qquad \text{(V)},$$

$$\frac{\text{Sin } b}{\text{Sin } g} = \frac{\text{Cos } a}{\text{Cos } A} \quad (\text{V}') \qquad \text{et} \quad 90^0 - A = \delta_G(90^0 - a) \; (\text{V}'').$$ [7]

Dans plusieurs de ses oeuvres, Abū Naṣr revient sur les simplifications apportées par ces théorèmes.[8] Ainsi, dans la *Risāla fī taṣḥīḥ ... zīj al-ṣafāʾiḥ*[9] qui nous intéresse ici, invite-t-il Bīrūnī à comparer les procédés anciens (basés sur le théorème de Ménélaüs) à ses propres méthodes "construites sur ce qu'il lui a écrit au sujet des triangles sphériques":[10]

« وإنما حكيته على وجهه لتتأمل أيضاً اذا أصاحت الغلط فرق ما بين هذه الطرق في البرهان وبين طرقنا المبنية[11] على ما كنا كتبنا به اليك في المثلثات الكرية » .

Les cinq questions retenues par Abū Naṣr dans cette *Risāla* dont l'objet est de corriger quelques erreurs commises par Abū Jaʿfar al-Khāzin dans

6. Avec Sin ($= R$ sin) et Cos (mis pour le Sinus du complément). La numérotation est celle de Braunmühl (8) p.25.

7. A a pour mesure le complément de l'inclinaison *(mayl)* du complément de a pour une inclinaison maximale égale à la mesure de G (i. e. $(90^0 - A)$ est le côté opposé à l'angle G dans un triangle rectangle dont l'hypoténuse est $(90^0 - a)$). L'application de (I) ou de la formule bien connue $\text{Sin } \delta = \frac{\text{Sin } \lambda \, . \, \text{Sin } \varepsilon}{R}$ donne immédiatement : $\text{Cos } A = \frac{\text{Cos } a \, . \, \text{Sin } G}{R}$.

8. Par exemple dans sa version des *Sphériques* de Ménélaüs, composée en 1007 (M. Krause, "Die Sphärik von Menelaos ...", *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* 1936, texte p.65, trad. pp.198-9). Voir aussi note 10.

9. Bibliog. (2) . Les références sur le *Zīj al-ṣafāʾiḥ* d'al-Khāzin sont données par J. Samsó dans : "A Homocentric Solar Model by Abū Jaʿfar al-Khāzin, *JHAS*, I (1977), p.268 note 3. Le texte de Leyde (ms Or 168/17, *Istidrāk ... Abī Naṣr ... ʿalā masʾala min zīj al-ṣafāʾiḥ)* correspond à la première des cinq questions traitées dans la *Risāla fī taṣḥīḥ zīj al-ṣafāʾiḥ*.

10. Même référence à sa "lettre sur les triangles sphériques" dans une autre lettre à Bīrūnī ((3) éd. p.6, 1.13 et p.42, 1.16) écrite avant la fin de la rédaction d'*al Majisṭī al-Shāhī* (réf. (3) éd.p. 58, 1.10). D'après les théorèmes employés, il n'est pas douteux que ce titre significatif s'applique à la *Risāla* étudiée par P. Luckey. Dans *Maqālīd* (antérieur à 1004, cf. (14) p.309), Bīrūnī parle seulement de la lettre qu'Abū Naṣr lui a adressée ((5) 163v:25, 164v:21, 165r:26). Il semble que ces divers écrits se situent dans un laps de temps assez court.

11. (2) ms 67v:16 (et non المبينة, éd. p.9, 1.2).

Introduction du Triangle Polaire par Abū Naṣr b. ʿIrāq

M. T. Debarnot*

Il est bien connu que l'étude de la trigonométrie sphérique se trouve réduite de près de moitié par l'emploi des relations existant entre les éléments d'un triangle sphérique et ceux de son triangle polaire. L'idée, qui peut paraître relativement simple, d'utiliser ce triangle auxiliaire, n'est apparue en Occident qu'avec Viète (1540-1603) qui l'a mise en application dans l'énoncé des formules duales.[1] On sait que les Arabes avaient introduit le triangle polaire plusieurs siècles auparavant: il est utilisé dans un cas de résolution de triangle dans le *Traité du quadrilatère* de Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (1201-1274) et apparaît aussi dans un ouvrage dédié à Kundurī,[2] le ministre du premier sultan seldjoukide Ṭughrilbeg. En réalité, comme nous allons le voir, sa construction remonte au moins au début du XIe siècle; la plus ancienne que nous connaissions est due à l'un des principaux artisans du profond renouvellement intervenu en trigonométrie sphérique à la fin du Xe siècle, le maître et ami de Bīrūnī, l'émir Abū Naṣr Manṣūr b. ʿIrāq.[3]

Les théorèmes sur lesquels se fonde la trigonométrie d'Abū Naṣr sont exposés dans une lettre adressée à Bīrūnī, la *Risāla fī maʿrifat al-qusiy al-falakiyya* qui a été traduite et analysée par P. Luckey.[4] Les formules établies dans ce petit traité d'une concision tout à fait remarquable, sont uniquement des relations entre éléments d'un même triangle sphérique.[5] Avec les nota-

* Pensionnaire à l'Institut Français d'Etudes Arabes de Damas. J'ai le privilège de poursuivre mes recherches dans notre Institut à l'I. H. A. S. Je tiens à exprimer ma gratitude au Docteur al-Hassan pour toutes les facilités qui me sont accordées. Je veux remercier le Professeur E. S. Kennedy pour ses bienveillants encouragements et ses précieux conseils. Cet article doit aussi beaucoup au Docteur D. King qui m'a procuré des sources d'information importantes.

1. Voir bibliographie (7) ou (8) pp. 180-3.

2. Ainsi que l'avait déjà remarqué P. Luckey (15) p.412 et pp. 414-5. Cf. aussi note 28.

3. On trouvera toutes les références sur les principaux auteurs cités dans le *Dictionary of Scientific Biography*, (New York, 1970 –). Les oeuvres d'Abū Naṣr sont décrites par J. Samsó (17) pp. 28-37.

4. (1) et (15) pour l'étude de P. Luckey. La *Risāla* a été écrite avant 997 car Bīrūnī (5) 163 v: 25) dit avoir reçu d'Abū al-Wafāʾ (mort en 997-8) sept traités de son *Almageste* un an après la *Risāla* d'Abū Naṣr.

5. Alors que le double théorème fondamental de l'*Almageste* d'Abū al-Wafāʾ groupe dans un même énoncé règle des quatre quantités et règle des tangentes qui lient les côtés de deux triangles rectangles. Viennent ensuite des formules du triangle.

7. Hopfner, Theodor, *Griechisch-ägyptischer Offenbarungszauber I* (Leipzig, 1921; Studien zur Palaeographie und Papyruskunde 21).

8. Leipoldt, Johannes und Siegfried Morenz, *Heilige Schriften. Betrachtungen zur Religionsgeschichte der antiken Mittelmeerwelt* (Leipzig, 1953).

9. Lippmann, Edmund Oskar von, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie.* 2 Bde. (Berlin, 1919-1931).

10a. *Picatrix I = Pseudo-Mağrīṭī. Das Ziel des Weisen. I. Arabischer Text.* Hrsg. von Hellmut Ritter (Leipzig, Berlin, 1933; Studien der Bibliothek Warburg XII).

10b. *Picatrix II= "Picatrix". Das Ziel des Weisen von Pseudo-Mağrīṭī.* Transl. into German from the Arabic by Hellmut Ritter and Martin Plessner (London, 1962; Studies of the Warburg Institute 27).

11. Plessner, Martin, "Neue Beiträge zur Geschichte der Tabula Smaragdina", *Islam*, 16 (1927), 77-113.

12. — *Unechte und verfälschte Zitate aus den zoologischen Schriften des Aristoteles.* Antiquitas Graeco-Romana ac Tempora Nostra (Prag, 1968), 209-216.

13. Reitzenstein, Richard *Poimandres. Studien zur griechisch-ägyptischen und frühchristlichen Literatur* (Leipzig 1904; Nachdr. Darmstadt 1966).

14. Reitzenstein, Richard, und Hans Heinrich Schaeder, *Studien zum antiken Synkretismus aus Iran und Griechenland* (Leipzig, Berlin, 1926; Nachdr. Darmstadt 1965; Studien der Bibliothek Warburg VII).

15. Ritter, Hellmut, "Picatrix, ein arabisches Handbuch hellenistischer Magie", *Vorträge der Bibliothek Warburg*, 1921/22, 94-124.

16. Ruska, Julius, *Tabula Smaragdina. Ein Beitrag zur Geschichte der hermetischen Literatur* (Heidelberg, 1926; Heidelberger Akten der von-Portheim-Stiftung 16).

17. Speyer, Wolfgang, *Bücherfunde in der Glaubenswerbung der Antike* (Göttingen, 1970; Hypomnemata 24).

18. — *Die literarische Fälschung im heidnischen und christlichen Altertum* (München, 1971; Hb der Altertumswissenschaft. 1. Abt., 2. Teil).

19. Ullmann, Manfred, *Die Natur- und Geheimwissenschaften im Islam* (Leiden, 1972; Hb der Orientalistik. I. Abt., Erg.-Bd. VI, 2).

20. Widengren, Geo, *The Ascension of the Apostle and the Heavenly Book (King and Saviour III).* (Uppsala, Leipzig, 1950; Uppsala Universitets Arsskrift, 1950:7).

Frage stellen. Es ist zu erwägen, ob nicht ein späterer Herausgeber des Textes anlässlich einer Überarbeitung den ursprünglichen Titel aufgrund der Fundgeschichte abgeändert haben könnte. Für eine derartige Titeländerung gibt es sogar konkrete Anhaltspunkte im Text. Der als Übersetzer und Kommentator der Schrift genannte Priester Sājiyūs (?) aus Nābulus, über dessen Identität nach wie vor noch Unklarheit besteht,[124] erwähnt an zwei Stellen, Balīnūs selbst habe seinem Werk den Titel *al-Jāmiᶜ li-l-ashyā'* gegeben, was man ungefähr mit *Kompendium* wiedergeben könnte. Es wäre demnach möglich, dass der jetzige Titel der Schrift nicht original ist, sondern auf jenen Sājiyūs zurückgeht.

Mehr lässt sich hierzu im Augenblick nicht sagen. Es ist zu hoffen, dass eine zukünftige vergleichende Betrachtung der arabischen Hermetica auf breiterer Textgrundlage auch Licht in diese Frage bringen wird. Unsere Aufgabe war hier die zusammenfassende Auswertung des derzeit erreichbaren Materials zur Fundgeschichte des *Sirr al-khalīqa*. Der Beitrag möchte aber zugleich verstanden werden als Hinweis und Anregung zur weiteren Beschäftigung mit einem noch kaum erforschten Gebiet der spätantiken Tradition.

124. Vgl. zu ihm P. Kraus: *Jābir ibn Ḥayyān*, a.a.O. 272 f.

Verzeichnis der abgekürzt zitierten Literatur

Sezgin, *GAS* = Sezgin, Fuat: *Geschichte des arabischen Schrifttums*. Bd. I ff. (Leiden, 1967 ff.)

1. Berthelot, Marcellin, *Collection des anciens alchimistes Grecs*. 3 Bde. (Paris 1887-88; Nachdr. Osnabrück, 1967).

2. — *La Chimie au Moyen Age*. 3 Bde. (Paris, 1893; Nachdr. Osnabrück, Amsterdam, 1967).

3. Bidez, Joseph und Franz Cumont, *Les mages hellénisés. Zoroastre, Ostanès et Hystaspe*. 2 Bde. (Paris, 1938).

4. Blochet, E., "Études sur le gnosticisme musulman", *Rivista degli Studi Orientali* 4 (1911-12), 47-79; 267-300. (Die übrigen Teile der Arbeit, eb. 2 (1909), 717-756; 3 (1910), 177-203; 5 (1913), 5-67, wurden nicht benutzt.)

5. Festugière, A. J., *La révélation d'Hermès Trismégiste. I. L'astrologie et les sciences occultes* (Paris, 1950²).

6. Ganszyniec, R., "Der Ursprung drr Zehngebotetafeln", *Arch. Religionswissenschaft*, 22 (1923-24), 352-356; (Nachtrag zu einer mir nicht zugänglichen gleichnamigen Studie, Berlin, 1920).

Schöpfung, den Ursachen der Natur, dem Anfang und den Eigenschaften der Dinge, wobei man unter "Wissenschaften" offenbar Schriften mit entsprechenden Titeln[120] zu verstehen hat. Bei Balīnūs lautet die Aufschrift des Buches:[121] *Geheimnisse der Schöpfung und Ursachen der Dinge.* Da die Kosmologie des Balīnūs gewöhnlich unter dem Titel *Geheimnis der Schöpfung* – bisweilen auch *Buch der Ursachen* – überliefert wird, schliesst Plessner im Anschluss an Ritter, die Beschreibung des Fundes im *K. al-Isṭamāṭis* enthalte eine Anspielung auf das *Sirr al-khalīqa*,[122] letzteres scheine somit "die älteste der Schriften dieses Kreises" zu sein.[123]

Indem Plessner dem Argument der Übereinstimmung der Titel so viel Gewicht beimisst, vernachlässigt er eine ganze Reihe von Evidenzen, welche eine umgekehrte Entwicklung wahrscheinlicher machen. Eine Übertragung der Fundgeschichte von Hermes auf Apollonios, Hand in Hand mit der Erweiterung des Berichtes um Säulen- und Tafelmotiv entsprechend den neuen Verhältnissen und dem Bedürfnis nach Integration der *Tabula Smaragdina* erscheint uns um vieles logischer als der entgegengesetzte Weg. Ausschaltung des Apollonios und Einsetzung des Hermes als Offenbarungsempfänger unter Beseitigung beider Motive, welche Hermes als Geber ausweisen, dazu eine Erweiterung der Vision der Vollkommenen Natur – eine derart raffinierte Umgestaltung der Erzählung wird man bei genauer Überlegung nicht ernsthaft erwägen können.

Damit stellt sich das Problem der übereinstimmenden Titel von neuem. Eine einfache Antwort darauf bietet sich vor der Hand nicht an, doch sind wir in der Lage, eine Beobachtung mitzuteilen, welche möglicherweise bei eingehenderer Untersuchung zu einer Lösung führen könnte. In beiden Texten wird am Ende im Anschluss an die Titel des Bücherfundes als zusätzliche Offenbarung der Gegenstand der jeweils sich anschliessenden Schrift genannt: Hermes will das *Buch über die Naturen der sich bewegenden Tiere* aus dem Versteck hervorgeholt haben, Balīnūs gibt an, er habe durch den Fund die Kenntnis der Zusammensetzungen und Mischungen der Naturen erlangt. Deutet dies nicht darauf hin, dass *Geheimnis der Schöpfung* usw. als stereotype Wendung, als fester Bestandteil der Offenbarungsgeschichte aufzufassen ist, während der spezielle Inhalt der geoffenbarten Schrift einfach am Schluss hinzugesetzt und damit die Beglaubigung auf den konkret vorliegenden Text ausgedehnt wird?

Verfolgt man diesen Gedanken weiter, muss man schliesslich auch die Berechtigung des Titels *Geheimnis der Schöpfung* für die Balīnūs-Schrift in

120. Bzw. mit entsprechendem Inhalt.

121. Da die Tafel in der *Isṭamāṭis*-Fassung nicht vorkommt, kann ihr Titel hier ausser acht gelassen werden.

122. Ritter formuliert dies allerdings behutsamer: der Titel des Buches entspreche genau dem, was Hermes ergründen wollte, (10b) LVIII.

123. Plessner (11) 95.

lässt sich ohnehin nicht abgrenzen.[114] Vielmehr fehlt es dem *Sirr al-khalīqa* an dem, was – neben dem Namen Hermes – allein die Zuordnung zu den hermetischen Schriften rechtfertigen würde, am Offenbarungscharakter.[115] M. a. W., der nüchtern-wissenschaftliche Tenor der Schrift rechtfertigt keine Berufung auf eine Autorität der okkulten Wissenschaften und erfordert auch keine Legitimation durch Offenbarung. Der Fundbericht des *Sirr al-khalīqa* erscheint demnach als rein literarische Fiktion. Dem Autor ging offenbar das Verständnis für den ursprünglichen Sinn der Echtheitsbeglaubigung schon so weit ab, dass er unbekümmert eine Fundgeschichte aus einem wirklichen Geheimtext wie dem *K. al-Isṭamāṭis* als Topos einer naturwissenschaftlichen Abhandlung voranstellte. Die ausserordentliche Häufung der Motive spiegelt gleichfalls diese Dekadenz wider.

Dennoch ist die Offenbarungsgeschichte im Werk des Balīnūs nicht ganz ohne Funktion. Dem Autor lag offenbar daran, einen echten hermetischen Geheimtext mit seiner Enzyklopädie zu vereinigen, eben die *Tabula Smargdina*.[116] Dass Balīnūs selbst den Tafeltext unmittelbar für das *Sirr al-khalīqa* formuliert haben sollte, erscheint angesichts des kompilatorischen Charakters des gesamten Werkes kaum vorstellbar.[117] Man muss wohl davon ausgehen, dass ihm bereits eine ältere Fassung der Formel vorlag, u. zw. mit einer entsprechenden Einführungsvision, da ja in die Geschichte des Bücherfundes die gesamte mit der Vorstellung von der alchemistischen Himmelstafel verbundene Thron-Vision eingeschoben ist. Wäre es dem Autor nur darum gegangen, zusätzlich einen eigenen Text zu lancieren, so hätte es dazu nicht dieses neuen Motivs bedurft, welches überdies, wie wir sahen, den logischen Ablauf der Handlung stört.[118] Die Existenz eines Visionsberichtes für die Tafel mag den Autor mit veranlasst haben, auch für das Buch die Offenbarungsgeschichte seiner Quelle beizubehalten, auf dass durch die gemeinsame Fundgeschichte beide Texte umso fester verbunden würden.

Mit unserer Auffassung von der Abhängigkeit des *Sirr al-khalīqa* vom *K. al-Isṭamāṭis* aufgrund des Befundes der Beglaubigungsgeschichten befinden wir uns im Gegensatz zu den Ergebnissen von Plessner.[119] Da Plessner in seiner Beweisführung von den Titeln der aufgefundenen Bücher ausgeht, müssen diese hier noch einmal genauer ins Auge gefasst werden. Der Hermes-Fund soll aus vier Wissenschaften bestanden haben, den Geheimnissen der

114. Nach Festugière, eb. 355.

115. Vgl. Plessner: *Hermes Trismegistus and Arab Science*, a.a.O. 47.

116. Vgl. Plessner (11) 97.

117. Ruska meint demgegenüber, hier stehe der Urtext der *Tabula Smaragdina* "an seinem richtigen Ort und in seinem ursprünglichen Zusammenhang", (16) 156.

118. So gegen Plessner, a.a.O. 97.

119. Eb. 94 f.; ders. (10b) 199, Anm. 4; ders. in: EI² III, 464a. Er beruft sich auf die unveröffentlichte Studie von H. Ritter.

Makro– und Mikrokosmos,[110] in deren Verlauf eine Klassifizierung der drei bzw. vier Arten von Ursachen vorgenommen wird (f. 6a-b). Eine entsprechende Einteilung findet sich in fast wörtlicher Übereinstimmung in der Einleitung zum *Sirr al-khalīqa* wieder. Zum zweiten ist die in *Isṭamāṭis* aus der Erläuterung der Ursachen entwickelte Definition der Kategorien Handlung, Subjekt, Objekt und Wirkung der Handlung nebst der Bestimmung ihrer jeweiligen Stellung zueinander (f. 6b-7a)[111] im *Sirr al-khalīqa* in erweiterter Form in die Diskussion über die Einheit Gottes eingebaut. Im Anschluss an die letztgenannte Passage ordnet der Autor des *K. al-Isṭamāṭīs* den Kategorien Subjekt und Handlung je die Wärme als männliches, bewegtes bzw. die Kälte als weibliches, ruhendes Prinzip zu und entwickelt daraus eine Theorie der Entstehung der vier Elemente aus der Vereinigung von Männlichem und Weiblichem.[112] Dieser Abschnitt steht im *Sirr al-khalīqa* am Anfang von Buch II; durch Einschübe aus anderen Quellen erweitert, dient er hier als grundlegende Theorie über die Weltentstehung. Im *K. al-Isṭamāṭis* folgen die genannten Stücke dicht auf die Fundgeschichte und stehen überdies untereinander in sachlichem Zusammenhang, im *Sirr al-khalīqa* dagegen sind sie über einen grösseren Textabschnitt verteilt und nur lose mit dem jeweiligen Kontext verknüpft. Man wird daher annehmen dürfen, dass Balīnūs aus jener hermetischen Schrift schöpfte – nicht umgekehrt – und dabei auch den Offenbarungsbericht übernahm.

Durch die Umgestaltung der Geschichte entsprechend den veränderten Voraussetzungen übernimmt nun Apollonios die Offenbarung von Hermes. Dies deutet gleichfalls darauf hin, dass zunächst Hermes als Empfänger des "Geheimnisses der Schöpfung" galt, umsomehr, als (Pseudo-) Apollonios anfänglich nicht in den Kreis jener Weisen gehörte, die mit der Hermetik in Verbindung gebracht wurden. Die Einführung der Hermes-Säule sollte wohl die Verlegung des Geschehens nach Tyana rechtfertigen.

Der Inhalt des Buches, das Apollonios von Hermes erhalten haben will, fällt aber völlig aus dem Rahmen der hermetischen Literatur; die Schrift lässt sich weder in die Gruppe der philosophisch-theologischen noch in die der populären Hermetica einordnen,[113] da sie als vergleichsweise nüchterne und trockene Abhandlung über die Aitiologie aller in der Natur zu beobachtenden Phänomene mit geheimwissenschaftlichen Fragestellungen nicht das geringste zu tun hat. Die Schwierigkeit liegt nicht eigentlich darin, dass der Inhalt mit der hermetischen Lehre nicht zu vereinbaren wäre – eine spezifisch hermetische Lehre, im Unterschied zu den Doktrinen anderer Propheten,

110. Vgl. Blochet (4) 63.
111. Eb. 64.
112. Eb. 64 f. (Text Anm. 4).
113. Zu dieser Einteilung vgl. Festugière (5) VII.

Sanctelliensis steht dafür *spelunca.* Eine weitere sachliche Bestätigung unserer Ablehnung der Grab-Interpretation ergibt sich schliesslich auch aus der *Isṭamāṭīs*-Parallele: dort fällt mit dem thronenden Hermes auch der "Aufhänger" für die Deutung der Höhle als Hermes-Grab weg.[105]

Es ist freilich zuzugeben, dass der Gedanke, die in ihrer neuen Umgebung ohne Kenntnis ihrer Herkunft nicht ohne weiteres verständliche Hermes-Gestalt als Mumie in einem Grabe aufzufassen, so abwegig nicht ist. Schon in der abendländisch-mittelalterlichen Tradition über die Fundumstände der *Tabula Smaragdina* begegnen wir auf Schritt und Tritt der Angabe, die Tafel sei in einem Grab gefunden worden.[106] Nach Pseudo-Albertus Magnus soll Alexander der Grosse den Text im Hermes-Grab entdeckt haben,[107] eine andere Überlieferung verlegt das Grab nach Hebron, wo eine Frau namens Zara die Tafel findet,[108] und noch P. Borellius führt in seinem Verzeichnis der hermetischen Schriften eine *Tabula Smaragdina in ejus manibus in sepulchro reperta* an.[109] Die genannten Beispiele lassen erkennen, wie sich aus der Versetzung des Hermes mit seiner Tafel aus dem Himmel unter die Erde Verständnisschwierigkeiten ergaben, die man schliesslich durch eine Umdeutung des Bücherverstecks in ein Grab mit Mumie aus dem Wege räumte.

Hiermit schliessen wir die Textanalyse ab. Hinsichtlich der Komposition unserer Fundgeschichte sind nunmehr folgende Ergebnisse festzuhalten: In den Bericht sind nicht weniger als vier Einzelmotive verarbeitet, welche – jedes für sich – in vergleichbaren Texten zur Legitimation einer Offenbarungsschrift ausreichen: 1. die Säule, welche den Hinweis auf den Offenbarungsspender gibt (Hermes-Standbild) und den Inhalt der Offenbarung umreisst ("Geheimnis der Schöpfung und Herstellung der Natur"), 2. der Bücherfund unter der Erde, verbunden mit 3. der Vision der Vollkommenen Natur und 4. die Vision der Tafel in der Hand des Offenbarungsgottes, verfremdet durch die Verlegung an einen irdischen bzw. unterirdischen Schauplatz.

Beim Vergleich dieser aufwendigen Komposition mit der schlichteren Echtheitsbeglaubigung im *K. al-Isṭamāṭīs*, welche mit nur zwei Motiven auskommt, wird deutlich, dass wir – wie schon mehrfach angeklungen ist – in letzterer eine Vorstufe zum *Sirr al-khalīqa* vor uns haben. Als zusätzliches Argument für die Abhängigkeit können wir inhaltlich-sachliche Übereinstimmungen zwischen den beiden durch die Fundgeschichte eingeführten Texten anführen. Im *K. al-Isṭamāṭīs* folgen auf den Fundbericht Bemerkungen über

105. Ruska erwähnt das *K. al-Isṭamāṭīs* nur in den Nachträgen (eb. 234), einen Vergleich der Texte hat er nicht durchgeführt.

106. Vgl. Ruska, eb. 115 f.

107. Vgl. H. Kopp: *Beiträge zur Geschichte der Chemie* (Braunschweig, 1869), 378, Anm. 31; Lippmann (9) I, 57; Ruska, a.a.O. 218 (nach Athanasius Kircher).

108. Vgl. Kopp, eb.; Haupt, a.a.O. 374, Anm. 12; Lippmann (9) II, 208; Ruska, eb. 116.

109. *Bibliotheca Chimica* (Heidelberg, 1656; Nachdr. Hildesheim, 1969), 110.

der Offenbarungsmotive zusätzlich eine inhaltliche Verankerung für die *Tabula Smaragdina* schaffen, die sich als relativ kurzer Text durch ihre exponierte Stellung am Schluss der Schrift in ständiger Gefahr befindet, abgetrennt zu werden. Zugleich macht die kontaminierte Fundgeschichte deutlich, worin der Verfasser das Verbindende zwischen den beiden Texten sah: Während das Buch die Geheimnisse der Schöpfung, d. h. den Aufbau der Welt und ihre natürlichen Mechanismen, lehrt, liefert die Tafel als Ergänzung des theoretischen Teils die Anweisung zur praktischen Nutzung jenes Wissens, zur Nachahmung der Natur.[98]

Die Verbindung der beiden Offenbarungsmotive zu einem in sich geschlossenen Bericht ist dem Autor freilich nur unvollkommen gelungen. Angesichts der veränderten Umstände – der Offenbarungsspender ist nunmehr in Gestalt des thronenden Hermes selber anwesend – ist an ein Ausgraben des Buches nicht mehr zu denken, andererseits hält Hermes bereits einen Offenbarungstext in der Hand. Daher verfällt der Autor auf den Ausweg, das Buch einfach zu Füssen des Hermes auf den Boden zu plazieren. Mit dem Mangel der Geschichte an innerer Logik ist es auch zu erklären, dass mit grosser Hartnäckigkeit an der Auffassung festgehalten wird, die Fundstätte sei ein Grab. Fraglos lassen sich hierfür gute Gründe und reichliche Parallelen anführen; denn echte Bücherfunde in Gräbern sind zweifellos gar nicht so selten vorgekommen[99] und haben ein gut Teil zur Glaubwürdigkeit fingierter Funde beigetragen.[100] So führt Ruska Berichte über Bücherfunde in Gräbern aus arabischen Quellen[101] zur Begründung seiner Ansicht an, die unterirdische Kammer stelle das Grab des Hermes vor,[102] die thronende Gestalt seine Mumie ("ägyptische Staatsleiche").[103] Damit erhebt sich für ihn die Frage, "wie und wo man zuerst auf den Gedanken gekommen ist, das Grab des Hermes nach Tyana zu verlegen".[104] Ungeachtet der grossen Zahl von Parallelen zum Bücherfund im Grab ist eine solche Fragestellung müssig; denn unser Text weiss nichts von einem Grab. Der arabische Terminus *sarab* wird u. W. nicht in der Bedeutung "Grab" verwendet, sondern dient zur Bezeichnung von natürlichen und künstlichen unterirdischen Höhlen, Tunnels, Wasserleitungen; in der lateinischen Übersetzung des *Sirr al-khalīqa* von Hugo

98. Vgl. Kraus: *Jābir ibn Ḥayyān*, a.a.O. 302 f.

99. S. Speyer (17) 43 ff.; vgl. auch weiter oben.

100. Z. B. Bücherfunde im Dardanus-Grab (Speyer, eb. 72 f.); Entdeckung des *Compendium aureum* des Flaccus Africus im Grab des Perserkönigs Kyranis (eb. 73 f.; Festugière (5) 203, 323; H. Haupt: "Zu den Kyraniden des Hermes Trismegistos", *Philologus*, 48 (1889), 372); Auffindung der *Capsula eburnea* im Grab des Hippokrates durch Caesar (K. Sudhoff: "Die pseudohippokratische Krankheitsprognostik nach dem Auftreten von Hautausschlägen", *Arch. Gesch. Med.* 9 (1916), 85 ff.).

101. (16) 61 ff.

102. Eb. 67, 114, 131, 138, 156; ebenso Plessner (11) 91, 97.

103. Ruska, eb. 115.

104. Eb. 166.

welche er vor den Menschen verborgen habe.[95]

Durch die Krates-Parallele ist hinlänglich klar geworden, dass die Vision des Offenbarungsgottes mit der Tafel in der Hand im Himmel stattfindet.[96] Wenn wir nun dem thronenden Greis im *Sirr al-khaliqa* nicht mehr in seiner angestammten Umgebung, d. h. im Himmel, sondern in einem unterirdischen Versteck wiederbegegnen, so können wir uns nicht mit Widengrens Erklärung zufriedengeben, dass in der Geheimwissenschaft Himmelswanderung und Unterweltswanderung einander beständig entsprächen,[97] wobei die erste Vorstellung im mesopotamischen, die zweite im ägyptischen Kulturkreis entstanden sei. Abgesehen davon, dass Balīnūs' Eindringen in das Versteck nicht ohne weiteres mit einem Abstieg in die Unterwelt gleichgesetzt werden kann, wird eine solche Deutung der komplizierten Struktur der Rahmengeschichte nicht gerecht. Der Greis ist in der Schatzhöhle einfach fehl am Platze, das Motiv wurde vom Autor des *Sirr al-khaliqa* aus einem sinnvollen Kontext herausgelöst und in ein fremdes Milieu verpflanzt, in welchem seine ursprüngliche Funktion teilweise verschleiert wurde.

Wie ist es dazu gekommen? Das *Sirr al-khalīqa* besteht aus zwei im Umfang wie in inhaltlich-sachlicher Hinsicht völlig verschiedenartigen Texten. Den umfangreichen Hauptteil des Werkes bildet eine populäre naturwissenschaftliche Enzyklopädie in Form einer Kosmogonie, an welchen ohne unmittelbar einsichtige innere Beziehung eine alchemistische Geheimformel angehängt ist, eben die schon mehrfach erwähnte *Tabula Smaragdina*, welche in enigmatischer Form das Grosse Werk zu lehren vorgibt. Aus den bisherigen Ergebnissen kann man wohl schliessen, dass für einen jeden dieser heterogenen Teile eine gesonderte Offenbarungsgeschichte existiert hat : Das Buch wird – entsprechend der *Isṭamāṭis*–Erzählung – aus der Erde ans Licht gebracht, die *Tabula Smaragdina* wie die Krates-Tafel in einer Vision im Himmel erschaut. Die Fundgeschichte in ihrer jetzigen Form spiegelt den Vorgang der Vereinigung beider Texte wider. Sie sollte offenbar durch die Verquickung

95. Text bei Berthelot, a.a.O. 3 (Übersetzung eb. 46 f.); vgl. Ruska: *Arabische Alchemisten I*, a.a.O. 17f. ; ders. (16) 52; Reitzenstein: *Himmelswanderung und Drachenkampf*, a.a.O. 37-39; Festugière (5) 321 f. ; Speyer (17) 74.

96. Vgl. Widengren (20) 81. Er verweist auf Daniels Gottesvision (*Dan.* 7, 9), vgl. dazu auch Speyer (18) 72, Anm. 4. Ein ähnliches Motiv auch in der alchemistischen Allegorie *K. al-Shams al-akbar* des Balīnās (erhalten in einem Kommentar von al-Jildakī), wo der Sonnensohn im Paradies von einer Kanzel aus alchemistische Weisheit lehrt, eine Tafel aus gelbem Hyazinth in der Hand haltend (vgl. Ullmann (19) 173 f.). Als Gesetzestafeln spielen die himmlischen Tafeln im religiösen Bereich eine besondere Rolle (vgl. Widengren, eb. passim; Lippmann (9) II, 206). Bekanntestes Beispiel: die jüdischen Gesetzestafeln (s. Leipoldt, Morenz (8) 317), von denen der *Fihrist* (ed. Flügel, 22) behauptet, sie seien in Flammenschrift auf grüne Tafeln geschrieben gewesen (ein antiker Beleg für die Anschauung, dass der Dekalog auf Saphir geschrieben war, bei Ganszyniec (6) 354).

97. (20) 80, Anm. 4, unter Bezug auf Reitzenstein: *Alchemistische Lehrschriften und Märchen bei den Arabern*, a.a.O. 80, Anm. 2.

die Weisheit des Hermes enthalten haben sollen,[86] in die gleiche Kategorie einzuordnen wie der Bücherfund im *K. al-Isṭamāṭis*. Dass es sich mit der *Tabula Smaragdina* anders verhält, ergibt sich aus der Betrachtung ihres weiteren Kontextes. Sie gehört nämlich – im Unterschied zu den zuvor genannten Schrifttafeln – zum Typ der himmlischen Tafeln, jenen Offenbarungsträgern, welche auf visionären Himmelswanderungen in der Hand des Offenbarungsgottes erschaut werden.[87]

Aufschluss über die Herkunft des Motivs gibt eine weitere Offenbarungsgeschichte. Im *K. Qirāṭis al-Ḥakim*, dem alchemistischen *Buch des Weisen Krates*, sehen wir den Topos nämlich noch in seiner richtigen Umgebung. Diese Parallele ist zwar seit langem bekannt[88] und wird immer wieder zum Vergleich angeführt,[89] doch hat bislang niemand den Versuch unternommen, den Krates-Text konsequent für die Interpretation der Fundgeschichte im *Sirr al-khalīqa* zu verwerten.[90] Während eines Gebetes im Serapeion wird Krates in den Himmel entrückt, wo er einen schönen Greis,[91] mit weissen Kleidern angetan, auf einer Kanzel *(minbar)* thronen[92] sieht; in der Hand hält er eine leuchtende,[93] mit einer Inschrift versehene[94] Tafel. Auf seine diesbezügliche Frage erhält Krates die Auskunft, dies sei Hermes Trismegistos; der Text *(muṣḥaf)* in seiner Hand enthalte alle jene Geheimnisse,

86. Vgl. Berthelot (2) II, 328; Lippmann (9) I, 56 f. ; Ruska (16) 43.

87. Ausser der gleich ausführlich zu besprechenden Krates-Parallele gehört hierher noch die in sieben Sprachen abgefasste, leuchtende Tafel, welche Ostanes auf seiner Himmelsreise erblickt (*K. al-Tāj* bei Berthelot (2) III, 84 ff., Übersetzung eb. 120 ff.; vgl. Reitzenstein: *Hellenistische Wundererzählungen*, a.a.O. 116; ders.: *Alchemistische Lehrschriften und Märchen bei den Arabern* (Giessen. 1923; RVV XIX 2), 74; Lippmann, a.a.O. 334; Blochet (4) 273 f. ; Bidez, Cumont (3) II, 349 ff.).

88. Zuerst erwähnt von Ritter (15) 123.

89. Vgl. Ruska (16) 52; Plessner (11) 93, Anm. 1; Widengren (20) 80 f.

90. Ruska (a.a.O. 164) spricht zwar mit Bezug auf die Krates-Tafel von einem "Urbild der Tabula Smaragdina", ohne indes den Gedanken weiter auszuführen.

91. Zum Motiv des Greises als Vermittler alter Weisheit vgl. Ganszyniec: *Studien zu den Kyraniden I*, a.a.O. 365; Speyer (17) 72.

92. Das Motiv des von der Kanzel *(Kathédra)* oder dem Thron herab lehrenden Gottes oder Meisters begegnet im geheimwissenschaftlichen Schrifttum häufig. Z. B. erfolgt die Offenbarung des Asklepios an den Arzt Thessalos vom Thron des Gottes im Tempel aus (s. Festugière: "L'expérience religieuse du médecin Thessalos", *Revue Biblique*, 48 (1939),49); der Alchemist Komarios unterrichtet Kleopatra von einer Kanzel herab (Text bei Berthelot (1) III, 279 und Reitzenstein: Zur Geschichte der Alchemie und des Mystisismus, *Nachr. Göttingische Gesellsch. Wiss., phil.-hist. Kl.* 1919, 24; vgl. Bidez, Cumont (3) I, 39, 98). Reitzenstein deutet die Szene als Beschreibung eines Bildes. "wie es in Prachthandschriften des Altertums durchaus möglich ist" (a.a.O. 13, 25 f.).

93. Korr. nach Ruska: *Arabische Alchemisten I* (Heidelberg, 1924; Heidelberger Akten der von-Portheim-Stiftung 6), 17, Anm. 6.

94. Die Übersetzung bei Berthelot (2) III, 46 für *fīhi kitābun*, "sur laquelle était placé un livre" trifft den Sinn der Stelle nicht, da der Terminus *kitāb* hier nicht als "Buch", sondern allgemeiner als "Geschriebenes" aufzufassen ist (vgl. Widengren (20) 81, Anm. 3: "writing").

sei in der Ursprache, dem Syrischen, abgefasst gewesen, wird vom Text des *Sirr al-khaliqa* nicht gestützt,[79] so dass Widengrens diesbezügliche Schlüsse auf die Herkunft des Tafeltextes[80] nicht zulässig sind.

Ausserdem versperrt sich Widengren selbst den Weg zum Verständnis der Zusammenhänge, indem er die Eigenständigkeit des Bücherfund-Motivs nicht erkennt und deshalb die Parallele im *K. al-Isṭamāṭis* nur flüchtig streift. Offenbar hängt dies damit zusammen, dass er irrtümlich annimmt, auch in der *Isṭamāṭis*-Fassung trete der Greis mit der Tafel auf, sie unterscheide sich demnach im Motivbestand nicht wesentlich von der Fundgeschichte des *Sirr al-khaliqa*.[81]

Die dargelegten Unzulänglichkeiten führen Widengren bei der Trennung der Motive zu einem unzutreffenden Ergebnis. Er vertritt nämlich die Auffassung, zuerst sei in der Fundgeschichte nur von der Tafel die Rede gewesen;[82] als im Laufe der Zeit Tafeln als Schreibmaterial obsolet zu werden begannen, habe man zur Tafel als blosse Verdoppelung das Buch hinzugefügt.[83] Ein solcher Schluss lässt sich angesichts der *Isṭamāṭis*-Paralelle nicht aufrechterhalten. Vielmehr ist das Buch ein ursprünglicher Bestandteil der Fundgeschichte und hat ebenso wie die Tafel eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen[84] – Buch und Tafel lassen sich hier n i c h t beliebig austauschen.

Die Entscheidung darüber, ob Schreibmaterial und äussere Form bei der typologischen Einordnung einer bestimmten Offenbarung von Bedeutung sind, kann nur der jeweilige Kontext ermöglichen. Bei jenem Offenbarungstyp, den wir oben im Zusammenhang mit dem *K. al-Isṭamāṭis* eingehend behandelt haben, dem Bücherfund unter der Erde bzw. in Tempeln, ist es in der Tat gleichgültig, ob der Text auf einer Buchrolle, einer Säule, einer Tafel o. ä. aufgeschrieben ist.[85] Demzufolge sind etwa die Tafel mit dem 64. Kapitel des *Totenbuches* (vgl. o.) oder die Tafeln des Astrologen Nechepso, welche

79. Es handelt sich vielleicht um einen Reflex der Säuleninschrift "in der Ursprache".

80. (20) 83.

81. Eb. 82 f. Es handelt sich offenbar um ein Missverständnis aufgrund von Plessners Feststellung (11) 93, in der Fassung, in welcher Hermes selbst als Entdecker des vergrabenen Buches auftritt, könne der thronende Greis natürlich nicht vorkommen, da letzterer ja gleichfalls als Erscheinungsform des Hermes Trismegistos aufzufassen sei.

82. A.a.O. 79. Widengrens erläuternder Zusatz "as in the *Tabula Smaragdina*" lässt wiederum den Einfluss seiner unzutreffenden Ansicht über das höhere Alter des selbständigen Tafeltextes erkennen.

83. Eb. Mysteriös ist seine nachfolgende Anmerkung: "By the way, we note, that the contents of this mysterious book, to judge from its name, must be identical with that well-known Hermetic piece of writing, the *Sirr al-khalīkah*, the Secret of Creation". Es hat den Anschein, dass Widengren sich nicht darüber im klaren war, dass der von ihm analysierte Text mit dem "wohlbekannten" *Sirr al-khalīqa* identisch ist !

84. Es ist Widengren offenkundig entgangen, dass hier z w e i Offenbarungstexte eingeführt werden.

85. Vgl. Speyer (17) 22.

der Vollkommenen Natur fehlen ebenfalls, so dass als einziges Motiv für das Erscheinen des Geistes die Anweisung für die Herstellung des Windlichtes übrigbleibt – eine etwas dürftige Begründung, möchte man meinen.

Die auffälligste Abweichung von der früher besprochenen Geschichte besteht aber in Folgendem: Beim Betreten des unterirdischen Verstecks sieht sich Balīnūs einem Greis auf goldenem Throne gegenüber; dieser hält eine Smaragdtafel in der Hand, vor ihm liegt ein Buch. Der Thronende ist nicht mit Namen genannt, doch findet die naheliegende Vermutung, es müsse sich um Hermes Trismegistos selbst handeln, ihre Bestätigung bei der Rekapitulation der Fundgeschichte im Nachwort des Werkes. Auf Hermes zielt auch die Angabe, die Tafel in seiner Hand bestehe aus Smaragd, gilt doch der Smaragd als Stein des Hermes-Merkur.[74]

Schon Ritter hatte einen Paralleltext zum Motiv des thronenden Hermes zum Vergleich angeführt,[75] doch zog er daraus keine Rückschlüsse auf die Komposition der Schrift. Die ausdrückliche Feststellung, dass hier offenbar eine Unstimmigkeit in der Überlieferung vorliege, ist Widengren zu verdanken.[76] Er bezog allerdings seine Kenntnis unserer Schriften ausschliesslich aus "zweiter Hand", vornehmlich aus den Arbeiten von Ruska und Plessner. Dabei haben sich verschiedentlich Missverständnisse ergeben, weshalb hier ein kurzer Exkurs zur Richtigstellung einiger Punkte angebracht erscheint.

Widengren konzentriert sein Interesse ganz auf das Motiv der Tafel; daher geht er bei der Behandlung unserer Frage von jener selbständig überlieferten arabischen Fassung der *Tabula Smaragdina* aus, die bereits Ruska an den Anfang seiner Untersuchung zur arabischen Tafel-Version gestellt hatte.[77] Aus dem Eingangssatz der *Tabula* ("I have found these words of wisdom at the end of the Book of Balīnās, the sage"[78]) geht jedoch eindeutig hervor, dass der selbständige Tafeltext aus dem *Sirr al-khalīqa* herausgelöst ist, also eine jüngere Tradition darstellt, welche für die Ermittlung der ursprünglichen Gestalt des Motivs somit ohne Wert ist. Die Angabe, die Tafel

74. Ruska eb. 116. Lippmann (9) II, 207, macht darauf aufmerksam, dass in erweitertem Sinne jeder grüne Stein als Smaragd bezeichnet sein könne. Interessanterweise führt Abū Maʿshar in seiner Planetenreihe der Metalle beim Merkur den Smaragd anstelle eines Metalls an (griechischer Text bei Berthelot (1) 80, 85).

75. (15) 123; (10b) LVII.

76. (20) 79 ff.

77. Vgl. (16) 112 ff. Zur Kritik an diesem Vorgehen s. Plessner (11) 88, Anm. 6; P. Kraus: *Jābir ibn Ḥayyān. Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam* II (Le Caire, 1942; Mémoires présentés à l'Institut d'Égypte 45), 281, Anm.

78. S. Widengren (20) 77. Überdies lehrt der Vergleich mit der ältesten Version des *Sirr al-khalīqa*, welche ihrerseits mit dem Tafelzitat bei Jābir b. Ḥaiyān (*K. Usṭuquss al-uss II*, ed. E. J. Holmyard: *The Arabic Works of Jābir ibn Ḥayyān* (Paris, 1928), 90) im wesentlichen übereinstimmt, dass der selbständig tradierte Text eine jüngere, mehrfach interpolierte Überlieferungsstufe darstellt (vgl. M. Plessner, a.a.O.).

usw. gleichzustellen.[66] Einen Sonderfall stellt jene Säule in der *Physikà kai Mystikà* des Pseudo-Demokrit dar, welche als Versteck der alchemistischen Geheimformel des Ostanes fungiert.[67]

Weitaus häufiger als von vergrabenen Büchern wird von Säulentexten berichtet, sie seien in verschollenen Sprachen abgefasst und mit altertümlichen oder barbarischen Schriftzeichen geschrieben,[68] ein Topos, der auch im *Sirr al-khalīqa* verwendet ist. Die Inschriften auf der Brust der Statue, resp. auf der Säule, sind in "Urschrift" bzw. "Ursprache" abgefasst. Bei dem Wettstreit um die Anerkennung als Ursprache erringt gewöhnlich das Syrische bzw. Aramäische als Sprache des Urvaters Adam die Palme;[69] Vermutungen über die Identität von Ursprache und Urschrift sind hier jedoch müssig, weil die Substanz des Topos, Erfahrungen mit Keilschrift- und Hieroglyphen-Inschriften, bereits völlig in Vergessenheit geraten ist: Den Einwohnern Tyanas bereitet es offenbar nicht die geringsten Schwierigkeiten, die Inschriften zu lesen und zu verstehen.[70] Die erste Aufschrift kennzeichnet die Statue als ein Abbild des Hermes, wodurch die Herkunft der versprochenen Offenbarung kundgetan wird, die zweite liefert ergänzende Informationen über den Inhalt der Offenbarung und über die Art und Weise, sie zu erlangen. Somit hat das Säulenmotiv, welches ursprünglich schon allein zur Charakterisierung eines Offenbarungstextes ausreichte (vgl. die *Kyraniden*), im *Sirr al-khalīqa* seine Eigenständigkeit bereits so weit eingebüsst, dass ihm gerade noch die Funktion des Wegweisers zugebilligt wird.[71]

Die nachfolgende Passage deckt sich weitgehend mit dem *K. al-Isṭamāṭis*, nur dass die Vollkommene Natur als Greis beschrieben wird, dessen Äusseres dem Apollonios vollständig gleicht. Dem liegt offenbar jene Anschauung zugrunde, welche z. B. in *Apostelgeschichte* 12, 14 f. zum Ausdruck kommt, dass der Schutzgeist des Menschen als sein Doppelgänger erscheine.[72] Der Windtalisman ist im *Sirr al-khalīqa* nicht erwähnt,[73] Ritual und Beschwörung

66. Vgl. auch Reitzensteins Beobachtung, dass "Stele" (in Buchtiteln) nichts anderes als "Rezept" bedeutet, (13) 291, Anm. 2.

67. S. Berthelot (1) II, 42; Festugière (5) 229.

68. Vgl. Speyer (17) 87, 116, Anm. 33.

69. Ruska (16) 115.

70. Im Gegensatz dazu ist z. B. in der *Kyraniden*-Version des Harpokration wenigstens der Schein dadurch gewahrt, dass Harpokration einen des Griechischen kundigen kriegsgefangenen Syrer als Führer bei sich hat, welcher demzufolge in der Lage ist, ihm den Text der aus Syrien stammenden, aber mit persischen Schriftzeichen beschriebenen Säule zu verdolmetschen (vgl. Festugière (5) 322 f. ; Lindsay, a.a.O. 40 f. ; die Erläuterungen zur Stelle bei Ganszyniec: *Studien zu den Kryaniden I*, a.a.O. 363 f.).

71. Es wäre zu erwägen, ob das Vorbild der Hermen einen Einfluss auf die Vorstellung von der Hermes-Säule hatte.

72. Vgl. M. Dibelius: *Der Offenbarungsträger im 'Hirten' des Hermas*. Harnack-Ehrung (Leipzig, 1921), 171.

73. Der diesbezügliche Satz in L ist als Interpolation zu eliminieren, vgl. Ruska (16) 138, Anm. 4.

eine Identifikation aufgrund blosser Ähnlichkeit in der Schreibweise. Dennoch wollen wir im Hinblick auf die sachlichen Übereinstimmungen mit der Rahmengeschichte der *Physikà kai Mystikà* zur Diskussion stellen, ob sich hinter dem Lehrer des Hermes in unserem Bericht vielleicht der Magier Ostanes verbergen könnte, welcher in der Spätantike als anerkannte Autorität auf dem Gebiete der Geheimwissenschaften galt. Die alchemistische Literatur kennt jedenfalls verborgene Bücher des Ostanes, man vergleiche den syrisch überlieferten Brief von Pebechios an den Magier Osron.[60] Von einer Verbindung des (jüngeren) Ostanes mit dem Alexanderkreis weiss Plinius zu berichten.[61] Da eine befriedigende Klärung der Frage im Augenblick nicht möglich ist, brechen wir die Diskussion an diesem Punkt ab und wenden uns endlich der Fundgeschichte des *Sirr al-khalīqa* selbst zu, in der nunmehr Apollonios von Tyana als Offenbarungsempfänger auftritt.

Es ist nicht verwunderlich, dass auch der Neupythagoreer zum Kreise jener gerechnet wird, welche durch Bücherfunde übernatürlicher Erkenntnis teilhaftig wurden, berichtet doch sein Biograph Philostratos,[62] er habe aus der Orakelhöhle des Trophonios in Lebedeia nach siebentägigem Aufenthalt dortselbst ein Buch mit Lehren des Pythagoras ans Licht gebracht.[63] Der Bücherfund ereignet sich diesmal in Tyana, wo als Wegweiser zur Schatzhöhle eine Hermes-Statue auf gläserner (?) Säule[64] aufgestellt ist. Bekanntlich gehören Säulen zu den beliebtesten Requisiten okkulter Literatur im Altertum,[65] sind jedoch gewöhnlich – im Gegensatz zu unserer Hermes-Säule – direkt mit dem jeweiligen Offenbarungstext beschrieben, d. h. sie sind als Träger schriftlicher Offenbarung den aufgefundenen Büchern, Schriftrollen

60. Vgl. Berthelot (2) II, 309 f. ; Bidez, Cumont (3) II, 336 f. ; Festugière (5) 321; s. noch Preisendanz, a.a.O. 1619.

61. Text bei Bidez, Cumont, a.a.O. II, 11, 267; vgl. dies. eb. I, 172; Preisendan, a.a.O.

62. *Vita Apollonii* VIII 19-20, (ed. C. L. Kayser, (Leipzig 1870/71).

63. Vgl. Leipoldt, Morenz (8) 169; Speyer (17) 132; ders. (18) 147. Wie er zum Tradenten von Hermes-Schriften wurde, kann in diesem Rahmen nicht im einzelnen dargelegt werden; vgl. dazu Ullmann (19) 378 mit Anm. 4. Ausführlichere Überlegungen zu dieser Frage sind in dem noch nicht publizierten Teil der Dissertation der Verfasserin angestellt.

64. Vgl. das in griechischer Sprache erhaltene Apollonios-Pseudepigraphon, in dem sich der angebliche Verfasser rühmt, er habe in dem von ihm errichteten Tempel in Tyana eine goldene Stele aufgestellt, *Apotelesmata Apollonii Tyanensis.* Ed., latine vert. F. Nau., Patrologia Syriaca I 2 (Paris, 1907), 1374.

65. Vgl. Kroll in: RE VIII 1 (1912) 802; Ganszyniec (6) 354 ff.; Festugière (5) 230, 319 ff.; Speyer (17) 114 ff. Paradebeispiel ist die *Kyranis* des Hermes, die von Harpokration auf einer eisernen Säule entdeckt worden sein soll (Text bei F. Mély: *Les lapidaires de l'antiquité et du moyen age* II (Paris, 1898)); s. Festugière, a.a.O. 204 f. , 322 f.; J. Lindsay: *The Origin of Alchemy in Graeco-Roman Egypt* (London, 1970), 40 f.; vgl. Ganszyniec: "Studien zu den Kyraniden I", *Byzantin.-Neugriech. Jbb* 1 (1920) 355, 362 ff. Weitere Beispiele s. Bidez, Cumont (3) I, Index s.v. *stèles*; Speyer (18) 68; Ruska (16) 19 f.

zunächst sinnlos erscheinenden Buchstabenanhäufung einen aramäischen Satz zu rekonstruieren.[55]

Als Führer des Menschen und Offenbarer geheimer Gnosis steht die Vollkommene Natur in Beziehung zum Poimandres in *Corpus Hermeticum* I und zu dessen christlichem Pendant, dem Hirten des Hermas, eine Verwandtschaft, welche sich bis in die Details der Offenbarungsberichte erstreckt, wie die in allen Texten überlieferte Frage des Träumenden "Wer bist du?" illustriert.[56] Weiterhin ist hierher zu stellen der "schöne Greis", der in alchemistischen Schriften dem Adepten auf seiner visionären Himmelsreise als Führer und *Angelus interpres* dient,[57] wird doch als besonderes Merkmal der Vollkommenen Natur ihr ausserordentlich schönes Aussehen gerühmt.

Es erhebt sich nun die Frage, wie es zur Verknüpfung der beiden soeben besprochenen Motive im *K. al-Isṭamāṯis* gekommen sein mag. Dazu ist eine weitere Fundgeschichte zu vergleichen, die – leider in korruptem Zustand überlieferte – Rahmenerzählung der *Physikà kai Mystikâ* des Pseudo-Demokritos. Wie Hermes, sucht auch Demokrit nach dem Tode seines Lehrers Ostanes[58] lange Zeit vergeblich nach dessen hinterlassenen Schriften; denn infolge des plötzlichen Todes des Meisters ist seine Ausbildung unvollständig geblieben. Schliesslich erscheint ihm der Dahingeschiedene im Traum und weist ihm den rechten Weg.[59] Es wäre nun zu erwägen, ob nicht auch der *Isṭamāṯis*-Geschichte als Modell ein solcher Bericht zugrunde lag, in dem der Lehrer selbst erscheint, um den Adepten auf das Versteck seiner Bücher hinzuweisen. Diese Funktion wurde dann offenbar – aus welchen Gründen auch immer – vom Lehrer auf den Schutzgeist des Schülers übertragen und damit zugleich der gesamte mit der Vorstellung von der Vollkommenen Natur verbundene Komplex in die *Isṭamāṯis*-Version eingebracht.

Die Parallele bei Demokrit führt aber noch auf eine weitere Überlegung, die allerdings nur unter äusserstem Vorbehalt vorgetragen wird, da derzeit keine schlüssigen Beweise für ihre Richtigkeit zu erbringen sind. Die arabische Namensform des Lehrers im *K. al-Isṭamāṯis*, Basṭālūs, lässt sich ohne allzu bedenkliche Künstelei mit griechisch "Ostanes" zusammenbringen. Freilich bestehen angesichts der durch die Eigenheiten der arabischen Schrift gegebenen Möglichkeiten der Korruption erhebliche Einwände gegen

55. "You say your incantations at the time of conversation (?), and the accident of sleep happens" (Ibn Khaldūn: *The Muqaddima*. Transl. from the Arabic by F. Rosenthal (New York, 1958), Bd. I, 213, Anm. 311).

56. Reitzenstein (13) 9 ff., 329.

57. Vgl. z. B. den Erklärer in der Ostanes-Vision, bei Berthelot (2) III, 87; Übersetzung eb. 123.

58. Zum Magier Ostanes als Lehrer Demokrits vgl. Bidez, Cumont (3) I, 167 ff.

59. Text bei Berthelot (1) II, 42 f. ; Übersetzung bei Festugière (5) 228 f., 320; vgl. Lippmann (9) I, 32; Bidez, Cumont, a.a.O. I, 203; II, 317 f. ; K. Preisendanz: Art. *Ostanes* (Nr. 8), RE XVIII 2 (1942) 1631; Speyer (17) 26 f.

Dies gelingt ihm freilich nur mit Hilfe seines Dämons, und damit kommen wir zum zweiten Motiv, der Erscheinung des persönlichen Schutzgeistes.[44]

Die Vollkommene Natur entspricht dem persönlichen Genius der Griechen[45] – die Vorstellung ist durch das Daimonion des Sokrates[46] ja allgemein bekanntgeworden. In hellenistischer Zeit gewinnt der Glaube an die Lenkung der Geschicke des Einzelnen durch einen individuellen Schutzgeist zunehmend an Bedeutung und lässt sich sowohl in der Stoa[47] als auch im Neuplatonismus[48] nachweisen. Auserwählten zeigt sich der Eigendämon in leibhaftiger Gestalt, wie dies der Historiograph Ammianus Marcellinus (XXI 14) ausdrücklich von Plotin, Hermes und Apollonios von Tyana (!) berichtet.[49] Mit der ersten Erscheinung des Geistes ist gewöhnlich die Offenbarung des ihm zustehenden Kultes und der Prozedur seiner Beschwörung verbunden.[50]

Über Wesen und Funktion der Vollkommenen Natur erteilt das *K. al-Isṭamāṭīs* erschöpfende Auskunft.[51] Nur durch die Vermittlung des Geistes, der mit dem Fixsternregenten seines Schützlings in Verbindung steht, erlangen die Philosophen wahre Erkenntnis und die Könige dauerhafte Herrschaft. Als Gegenleistung erwartet der Dämon Kult und Opfer. Alle Weisen früherer Zeiten verdankten ihr Wissen einem solchen Eigendämon; diesem zu Ehren vollzogen sie mehrmals im Jahr genau nach seinen eigenen Anweisungen Gebets- und Opferriten, wobei sie mit ihren Freunden mit den Opferspeisen eine Art "Liebesmahl" feierten.[52] Der Name des Geistes, der ja überaus wichtig für die Beschwörung ist,[53] besteht aus vier Wörtern, welche in den Handschriften in den unterschiedlichsten Varianten überliefert sind.[54] Nach der von Ibn Khaldūn in der *Muqaddima* tradierten Lesart dieses Namens unternimmt F. Rosenthal den immerhin bedenkenswerten Versuch, aus der

44. Für die Vorstellung, dass Traumerscheinungen zur Auffindung verborgener Schriften auffordern, bietet die hellenistische Literatur zahlreiche Parallelen, s. Speyer (17) 20, 63; ders. (18) 66 f. (christliche Belege).

45. Ritter (15) 120 ff.; ders. (10b) LVI ff. Reitzenstein (14) 75 bringt die Vollkommene Natur mit iranischen Vorstellungen in Verbindung.

46. Auch im *K. al-Isṭamākhīs* wird Sokrates als Autorität für die Vollkommene Natur zitiert (vgl. (10a) 194; (10b) 205).

47. Vgl. Hopfner (7) § 123 f.; Ritter (10b) LVI.

48. Vgl. Hopfner, eb. § 126 ff. Iamblichos: *De mysteriis* IX 9, berichtet ausführlich über den Eigendämon und den Kult, welchen er beansprucht (eb. § 132 ff.); s. noch Ritter, a.a.O.

49. Vgl. Hopfner, eb. § 130 f.

50. Diese Anschauung von der Vollkommenen Natur hat auch in der späteren arabischen Literatur, weite Verbreitung gefunden, vgl. Plessner (11) 95; F. Taeschner: *Die Psychologie Qazwīnīs* (Tübingen, 1912), 54 f. ; H. Corbin: *Le récit d'initiation*, a.a.O. 153 ff.

51. (10a) 187 ff. ; (10b) 198 ff.

52. Vgl. Corbin, a.a.O. 164.

53. Vgl. Hopfner (7) § 680 ff.

54. Vgl. Plessner (10b) 199, Anm. 1.

Geber als auch als Empfänger von Offenbarungen auftreten kann.[39] Als Erfinder der Schrift gilt der ägyptische Thot zunächst als Urheber eines jeden schriftlichen Dokumentes,[40] wie u. a. die erwähnte vorgebliche Herkunft von Kapitel 64 des Totenbuches bezeugt. Auch in der demotischen Erzählung vom Königsohn Neneferkaptah[41] ist die ursprüngliche Vorstellung vom "schreibenden Gott" noch zu erkennen. Ein alter Priester in Memphis verrät dem Prinzen – gegen ein entsprechendes Entgelt –, wie er sich in den Besitz von zwei von Thot eigenhändig mit mächtigen Zauberformeln beschriebenen Tafeln setzen könne, welche auf einer Zauberinsel im Meer bei Koptos in sieben Kisten verwahrt seien. Allerdings betrifft der Vergleich in diesem Falle ausschliesslich Thot als Autor magischer Texte; eine eigentliche Offenbarung findet noch nicht statt, da die Initiative nicht von dem Gott ausgeht, sondern dieser im Gegenteil den frechen Räuber mit seinem Zorn verfolgt und ihn am Ende für seinen Frevel mit dem Tode bestraft. Doch führt uns der Schluss der Geschichte – jene verhängnisvollen Tafeln wurden dem toten Prinzen ins Grab mitgegeben – wieder zurück zu unserem Motiv des vergrabenen Buches.

In hellenistischer Zeit wird der Offenbarungsgott zum "Dreimalgrossen" Weisen Hermes, dessen Wesen sowohl göttliche als auch menschliche Züge aufweis, wobei die Übergange fliessend sind und bald der eine, bald der andere Aspekt stärker zur Geltung kommt.[42] Wenn z. B. Pseudo-Manetho behauptet, er habe seine astrologische Lehre von den heiligen Büchern und Stelen abgeschrieben, welche Hermes mit eigener Hand niedergeschrieben und in den Heiligtümern verborgen habe,[43] so betont er damit eher die göttliche Seite. Im *K. al-Isṭamāṭis* dagegen sind die Züge des alten Offenbarungsgottes weitgehend verblasst. Hermes wird als Mensch vorgestellt, der sein gesamtes Wissen der Belehrung durch seinen Meister Basṭālūs verdankt. Als der Unterricht (durch das Ableben des Meisters?) ein Ende findet, ehe Hermes seine Kenntnisse vervollständigen konnte, muss er verzweifelte Anstrengungen unternehmen, wenigstens die Aufzeichnungen des Lehrers an sich zu bringen.

39. Die konkurrierenden Vorstellungen vom göttlichen und vom menschlichen Hermes sind bei Widengren (eb. 81 ff.) einander gegenübergestellt.

40. Vgl. W. Kroll: Art. *Hermes Trismegistos*, RE VIII 1 (1912) 792 f.;Reitzenstein (13) 118 f.; Ruska (16) 6; Speyer in: *Jb Antike und Christentum*, 8/9 (1965/66) 91 f.

41. Die erhaltene Niederschrift stammt aus dem 2. vorchristlichen Jahrhundert, der Text selbst dürfte erheblich älter sein. Übersetzung bei G. Roeder: *Altägyptische Erzählungen und Märchen* (Jena, 1927), 140-148; vgl. Reitzenstein: *Himmelswanderung und Drachenkampf in der alchemistischen und frühchristlichen Literatur*, Festschr. für C. F. Andreas (Leipzig 1916), 39-41; ders.: *Hellenistische Wundererzählungen* (Leipzig, 1906; Nachdr. Darmstadt 1963), 114 f. Bidez, Cumont (3) I, 206; Festugière (5) 76; Leipoldt, Morenz (8) 91.

42. Vgl. Kroll, a.a.O. 799 ff.

43. *Apotelesmatika* V 1; vgl. Festugière, a.a.O.; Plessner, "Hermes Trismegistus and Arab Science", *Studia Islamica*, 2 (1954), 56; s. auch Kroll, a.a.O. 794, Widengren (20) 81 f

zwei Typen der Offenbarungsübermittlung vermengt,[32] zum einen die Auffindung eines (bzw. hier mehrerer) Geheimbuches in einer unterirdischen Kammer,[33] zum anderen die mit mündlicher Belehrung verbundene Vision des Schutzgeistes. Da nun, wie zu zeigen sein wird, diese beiden Motive ganz verschiedener Herkunft sind, d. h. ihren "Sitz im Leben" in verschiedenen Kulturkreisen haben, empfiehlt es sich, sie zunächst getrennt zu behandeln.

Beginnen wir mit dem "vergrabenen Buch". Der Topos der Wiederentdeckung eines in uralter Zeit geschriebenen Textes kehrt in unzähligen Varianten nicht nur im Bereich der hellenistischen Kultur wieder[34] und hat auch ausserhalb der okkulten Literatur seinen festen Platz unter den literarischen Topoi.[35] In der Forschung besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass ägyptische Verhältnisse die Ausbildung des Typus angeregt haben; denn nur im alten Ägypten spielten Bücher als Grabbeigaben (Kopien des *Totenbuches*) eine nennenswerte Rolle.[36]

Wenn auch tatsächliche Bücherfunde aus der Erde[37] die Voraussetzung für die Verbreitung des Motivs bildeten, so steht doch ausser Zweifel, dass es unseren Texten an diesem unmittelbaren realen Hintergrund mangelt, dass es sich also um rein literarische Fiktionen zum Zwecke der Echtheitsbeglaubigung und der Werbung handelt.[38] Darauf deutet u. a. die Beschreibung des Fundes im *K. al-Isṭamāṭīs*, aus der eine präzise Vorstellung von seinem Inhalt nicht zu gewinnen ist: In der Einleitung ist von vergrabenen Büchern des Meisters die Rede, am Schluss wird nur noch vage von vier "Wissenschaften" gesprochen, die Hermes aus dem Versteck ans Licht gebracht habe.

Hermes als Entdecker der Geheimtexte führt uns auf ein weiteres Problem, die unterschiedlichen Auffassungen von Hermes-Thot, der sowohl als

32. (14) 112.

33. Reitzenstein spricht von einem "Grabgewölbe", s. dazu weiter unten.

34. Die vollständige Erfassung aller Belege wird in der vorliegenden Arbeit nicht angestrebt; Beispiele werden angeführt, soweit sie zur Verdeutlichung des Typischen beitragen. Ansonsten ist auf Speyer (17) zu verweisen, der allerdings das Schwergewicht auf heidnische und christliche Zeugnisse aus Griechenland und Rom legt.

35. Vgl. Festugière (5) 319. Eine der frühesten Zeugnisse für die Auffindung eines heiligen Textes steht im ägyptischen *Totenbuch*, dessen 64. Kapitel in Hermopolis zu Füssen des Gottes Thot auf einer Tafel mit blauer Schrift entdeckt worden sein soll, vgl. R. Pietschmann: *Hermes Trismegistos nach ägyptischen, griechischen und orientalische Überlieferungen* (Leipzig, 1875), 20; G. Roeder: Art. *Totenbuch.*, Roschers Mythologisches Lexikon V, Sp. 1081; H. Kees: Art. *Fälschung* bei H. Bonnet: *Reallexikon der ägyptischen Religionsgeschichte* (Berlin, 1952), 180 f., mit weiteren Beispielen; Ruska (16) 8; Festugière, a.a.O. 76; Speyer (17) 112. Zu weiteren Bücherfunden s. Ganszyniec (6) 353 f.; Festugière, a.a.O. 319 ff.; Speyer (18) 67 f. und (17) passim.

36. S. Lippmann (9) I, 660; G. Widengren (20) 80; Speyer (17) 19, 43 ff., 47 f., 110 ff., 122 f.

37. Beispiele bei Speyer, eb. 142-144.

38. Vgl. Widengren, a.a.O. 77.

und bemächtigt sich des Nachlasses seines Lehrers. Bei der Aufzählung der einzelnen Bestandteile des Fundes fehlt diesmal allerdings – wohl infolge einer Textverderbnis – der vierte, die "Eigenschaften der Dinge". Statt dessen gibt Hermes an, er habe auch das vorliegende *Buch über die Naturen der sich bewegenden Tiere*, genannt *al-Madīṭīs*, aus jenem unterirdischen Versteck zutage gefördert.

In abgekürzter Form findet sich die gleiche Geschichte im *K. al-Isṭamākhīs*; in dieser Gestalt hat sie in echte arabische Werke Eingang gefunden, u.a. auch in das arabische Zauberbuch *Picatrix*.[28] Nach dem Zitat in der *Picatrix* wurde denn auch unsere Geschichte seit der ersten Mitteilung durch Ritter[29] in modernen Untersuchungen mehrfach besprochen.[30] Allerdings steht der Fundbericht im *K. al-Isṭamākhīs* in einem völlig anderen Kontext. Er dient hier nicht als Rahmenerzählung der Legitimation des angeschlossenen Offenbarungstextes, vielmehr wird er zur Illustration der von Aristoteles vorgetragenen Lehre von der Vollkommenen Natur, dem Schutzdämon der Philosophen, angeführt.

Aus diesem Grunde ist die Vorgeschichte über den Lehrer Basṭālūs übergangen, ebenso der Bericht von den vergeblichen Anstrengungen des Hermes. So erteilt in der *Isṭamākhīs*-Version wiederum erst der Geist den Rat mit dem Windlicht; die Anweisung zur innerlichen und äusserlichen Anwendung von Schweinefett als Schutz gegen die Zauberwinde fehlt ebenso wie die Angabe von Massnahmen zur Beseitigung des Talismans. Die vier Wissenschaften, welche Hermes in jener Kammer vorfinden soll, sind die nämlichen wie im *K. al-Isṭamāṭīs*, und auch Name und Beschwörungsritual des Geistes sind ganz entsprechend, wenn man von geringfügigen Kürzungen absieht.[31] Der Ausgang des ganzen Unternehmens wird nicht mehr berichtet, da der Bücherfund im *K. al-Isṭamākhīs* ohne Belang ist.

Aus dem Gesagten ist ohne weiteres einsichtig, dass die beiden zuletzt behandelten Offenbarungsgeschichten in der Substanz im wesentlichen übereinstimmen. Folglich können wir uns bei unserer Betrachtung ganz auf eine der beiden, die vollständigere Fassung, konzentrieren.

Schon Reitzenstein hatte darauf hingewiesen, dass unsere Fundgeschichte

28. Ed. H. Ritter (10a) 187 ff.; Übersetzung von Ritter und M. Plessner (10b) 199 ff.

29. (15) 121 f.

30. Vgl. die in der *Picatrix*-Übersetzung (a.a.O. 198, Anm. 1) aufgeführte Literatur; deutsche Übersetzung von Reitzenstein (14) 113; französische Übersetzung nebst einer tiefenpsychologischen Deutung von H. Corbin: "Le récit de l'initiation et l'hermétisme en Iran", *Eranos-Jahrbuch*, 17 (1948), 161 ff. Eine Edition des arabischen Textes der Passage noch bei Badawī: *al-Insānīya*, a.a.O. 180-184.

31. In der *Picatrix* sind die fehlenden Stellen aus *K. al-Isṭamāṭīs* nachgetragen, vgl. (10b) 200, Anm. 2 und 5.

Basṭālūs, seine Bücher in einem unterirdischen Gewölbe vergraben und durch einen Talisman gesichert habe: Heftige Winde verhindern das Eindringen des Schülers in die Kammer, indem sie seine Lampe sofort zum Verlöschen bringen. 360 Jahre (!) lang bemüht sich Hermes vergeblich, das Geheimnis des Meisters zu lüften und einen Kniff (*ḥīla*) zu ersinnen, um an die vergrabenen Bücher heranzukommen. Es verdient besondere Anerkennung, dass Hermes nach mehreren ergebnislosen Versuchen auch ohne die Unterstützung höherer Mächte auf den Gedanken kommt, sein Licht mittels eines Glasgefässes gegen die Winde in der Höhle abzuschirmen. Dadurch gelingt es ihm zwar, in die Kammer vorzudringen, doch sobald er sich dort ans Graben macht, nehmen ihm die Sturmwinde den Atem, dass ihm die Sinne schwinden.

Nun weiss er sich keinen Rat mehr, wie sehr er auch über einen Ausweg nachgrübelt. Da kommt ihm im Traum[25] eine Gestalt von sehr schönem Aussehen[26] zu Hilfe. Die Erscheinung belehrt Hermes zunächst darüber, wie er seine Lampe durch ein Glasgefäss vor den Winden schützen könne – worauf er bereits von alleine gekommen war[27] – und rät ihm weiter, Nase, Lippen und Ohren mit geschmolzenem Schweinefett zu salben und ein *mithqāl* davon zu trinken, auf dass er in der Höhle nicht wieder das Bewusstsein verliere. Schliesslich verrät der Geist auch, wie die Ursache jener verzauberten Winde, ein Talisman in Form einer Statue aus Eisen, welche einen bleiernen Schlüssel in der Hand trägt, unschädlich gemacht werden kann. Hermes solle die Figur aus der Mitte des Gewölbes hervorholen und den Schlüssel mit einem Eisennagel festnageln (an der Hand?). Sogleich würden die Winde aufhören und die Kammer erleuchtet werden. Hierauf werde er ohne Mühe aus den vier Ecken vier "Wissenschaften" (*ʿulūm*) ausgraben können – offenbar sind hiermit die von Basṭālūs versteckten Bücher gemeint –, nämlich die Geheimnisse der Schöpfung, die Ursachen der Natur, den Anfang der Dinge, deren Eigenschaften.

Voll Dankbarkeit erkundigt sich Hermes: "Wer bist du?" und erhält die Antwort: "Deine Vollkommene Natur". Mit dieser Auskunft weiss Hermes offenkundig etwas anzufangen, denn er fragt sogleich weiter, ob er den hilfreichen Geist in Zukunft nach Bedarf zitieren könne und wie er dies anzustellen habe. Daraufhin offenbart die Erscheinung ihren zauberkräftigen Namen und die Details einer umständlichen Beschwörungszeremonie – den richtigen Zeitpunkt, die Ingredienzen des Opfers, die Wohlgerüche für die Räucherungen etc. Die Einzelheiten der Prozedur können wir hier übergehen.

Hermes erwacht, führt die Anweisungen der Vollkommenen Natur aus

25. Der Übergang ist ein wenig abrupt; von Einschlafen war ja vorher nicht die Rede.

26. Ansonsten sind die Aussagen über die Erscheinung recht unbestimmt, während sie im *Sirr al-khalīqa* als Greis beschrieben wird, der dem Träumenden gleicht.

27. Da die Begründung für diese Massnahme bereits bei der ersten Erwähnung des Windlichtes vorweggenommen ist, fehlt sie an dieser Stelle.

mitgeteilten Zitate (nach Ms. Paris, Bibl. Nat., ar. 2577)[18] inhaltlich eher mit *K. al-Isṭamāṭīs* überein. Welche Stellung dieser dritte Text zu den beiden erstgenannten wirklich einnimmt, ist nur durch eine erneute Untersuchung der betreffenden Handschriften zu klären.

Die Beziehung jener Schriftengruppe zu unserem *Sirr al-khalīqa* ist bereits seit langem bekannt.[19] Bis heute jedoch ist die schon 1927 von Plessner mit Nachdruck geforderte vergleichende Untersuchung aller Texte, welche aufgrund der Ähnlichkeit ihrer Fundgeschichten irgendwie zusammengehören,[20] ein Desiderat geblieben. Weder ist der Wortlaut der Schriften durch kritische Editionen sichergestellt, noch wurde ein fundierter Versuch unternommen, ihre relative Chronologie zu ermitteln. So lässt sich im Augenblick nicht einmal übersehen, wieviele verschiedene Abhandlungen tatsächlich dieser Gruppe angehören, da wahrscheinlich zumindest einige unter verschiedenen Titeln überlieferte Traktate inhaltlich ganz oder doch teilweise identisch sind.[21] Zur Erhellung des gesamten Komplexes wären ausgedehnte Handschriftenstudien vonnöten, die freilich angesichts des konfusen Inhalts der Texte – handelt es sich doch bei den meisten um Zauberbücher – wenig verlockend erscheinen mögen. Erste Ansätze zur Sichtung des Materials hat Ritter als Vorarbeit zu Edition und Übersetzung der arabischen *Picatrix* unternommen, doch wurde seine Studie niemals publiziert, nur vereinzelt sind Ritters Ergebnisse durch Plessners Veröffentlichungen bekanntgeworden.[22] Auch Blochets Untersuchungen zu unserer Schriftengruppe liefern in der Frage nach der Abhängigkeit der Texte voneinander keine verwertbaren Ergebnisse.[23] Angesichts solch unbefriedigender Voraussetzungen können die nachfolgenden Ausführungen keine endgültigen Lösungen anbieten; sie sind ein Versuch, durch die Rekapitulation von im wesentlichen bereits bekannten Fakten neue Perspektiven aufzuzeigen.

Doch zurück zur Fundgeschichten-Parallele, wie sie in ihrer ausführlicheren Fassung im *K. al-Isṭamāṭīs* (f. 4a ff.) zu finden ist.[24] Über den Schauplatz des Bücherfundes erfahren wir diesmal nichts, statt dessen aber werden wir über die Vorgeschichte der Entdeckung informiert. Hermes, der hier selbst als Hauptperson auftritt, berichtet, dass sein Lehrer, der Weise

18. Eb. 62 ff.

19. Den frühesten Hinweis gibt u. W. H. Ritter (15) 122; vgl. dazu auch M. Plessner (11) 93 f.

20. Eb. 94 (vgl. Ritter, a.a.O. 123).

21. Laut Plessner (12) 214 "existieren von dem Buch (d. i. *K. al-Isṭamāṭīs*) verschiedene Fassungen, deren Inhalt nur zum Teil übereinstimmt und die jede noch ihr Sondergut enthält, wenn auch die gemeinsame Grundsubstanz ausser Zweifel steht".

22. Vgl. (11) 93 ff.; (12) 215 ff.

23. Vgl. (4) 62 ff., 267 ff.

24. Wegen der engen Übereinstimmung mit der *Sirr al-khalīqa* – Erzählung erübrigt sich eine wörtliche Wiedergabe des Textes; die folgende Inhaltsangabe akzentuiert besonders die Abweichungen.

befriedigend erklärt werden konnten.[11] Die hier betrachteten Traktate, *K. al-Isṭamāṭīs* und *K. al-Isṭamākhīs*,[12] werden meist zusammen überliefert;[13] sie gehören zu jenen Texten, in denen der Aristoteles der Alexandersage als Vermittler hermetischer Weisheit an seinen königlichen Schüler Alexander auftritt.[14] Die erste Schrift ist der Einleitung zufolge ein Kommentar des Aristoteles zum *Buch über die Naturen der sich bewegenden Tiere* von Hermes, auch unter dem Titel *al-Madīṭīs* bekannt,[15] der zweite enthält Zauberrezepte des Aristoteles, die Alexander auf seinem Feldzug gegen die Perser gute Dienste leisten sollen. Mit diesen Schriften ist weiterhin ein in mehreren Manuskripten erhaltenes *K. al-Usṭūṭās* verwandt. Nach Blochet, der den Titel wenig überzeugend als *Buch des Ostanes* interpretiert,[16] soll es mit *K. al-Isṭamākhīs* identisch sein,[17] doch stimmen die von Blochet aus dem *K. al-Usṭūṭās*

11. Vgl. M. Steinschneider: *Die arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen* (Graz, 1960; Nachdruck mehrerer Arbeiten in verschiedenen Zeitschriften), § 44 (68), S. 87 ff.; F. Sezgin: *GAS* IV, 102 (Nrr. 1, 2); Ullmann (19) 374 f. Vereinzelte Versuche, die Namen als Transkriptionen griechischer Wörter zu deuten (s. Blochet (4) 62 ff.), fanden bisher wenig Zustimmung (vgl. Steinschneider, a.a.O. 87; Ruska (16) 67).

12. Steinschneider schlägt eine Ableitung aus griech. *stoicheiomatikós* vor (*Zur Pseudepigraphischen Literatur insbesondere der geheimen Wissenschaften des Mittelalters* (Berlin, 1862), 38; vgl. ders.: *Die arabischen Übersetzungen*, a.a.O. 88).

13. Die von uns benutzte Handschrift Oxford, Bodleian Marsh 556 enthält ff. 4-110b *K. al-Isṭamāṭīs*, ff. 110b-152a *K. al-Isṭamākhīs*. Das Manuskript ist nach H. Ritter (bei Plessner (12) 214) "in einem Zustand völliger Verwirrung gebunden". Bei dem Versuch, die Handschrift zu ordnen, stellte sich heraus, "dass sie aus einer Reihe von Fragmenten besteht, deren Anschlusstellen nicht mehr vorhanden sind" (vgl. auch Plessner (10b) LXIX). Zu anderen Handschriften vgl. Plessner, eb. XIV; Sezgin: *GAS* IV, 102. Ein weiteres Fragment der ersten Schrift befindet sich offenbar unter dem Titel *K. al-Madīṭīs* (s. dazu weiter unten) in der Bodleian Library (Nr. d. 221), s. A. F. L. Beeston: "An Arabic Hermetic Manuscript", *Bodleian Library Record*, 7 (1962), 12 f. Die zuletzt genannte Handschrift verdient auch noch aus einem anderen Grunde besondere Aufmerksamkeit, scheint sie doch ff. 64-75 eine arabische Version der *Kyraniden* des Hermes (vgl. dazu R. Ganszyniec: Art. *Kyraniden*, RE XX 1 (1924) 127-134) zu enthalten, die u. W. bislang nicht als solche registriert worden ist, obgleich nach Beestons Beschreibung (Anordnung nach dem griechischen Alphabet, Fundgeschichte mit Säulenmotiv, angebliche Übersetzung aus dem Syrischen, a.a.O. 19 f.) kaum ein Zweifel an der Identifikation bestehen kann. Beeston selbst ist dies offenkundig entgangen, und Ullmann erklärte noch 1972, es sei nicht gewiss, ob die *Kyraniden* je ins Arabische übersetzt worden seien (a. a.O. 14). - Nachträglich sehe ich, dass Ullmann inzwischen aufgrund seiner Untersuchung der Oxforder Handschrift die Identität des Textes ff. 64a-75b mit der *Kyranis* des Hermes bestätigt hat, vgl. seinen Aufsatz: "Neues zum Steinbuch des Xenokrates", *Medizinhistorisches Journal*, 8 (1973), 60 und Anm. 2.

14. S. Plessner: Art. *Hirmis*, EI² III, 464a; ders. (12) 213; F.E. Peters: *Aristoteles Arabus* (Leiden, 1958), 58.

15. Variante: *al-Malāṭīs*, so auch im *Fihrist* des Ibn an-Nadīm (ed. G. Flügel, 353); vgl. Steinschneider, a.a.O. 87; Ruska (16) 66. Die Deutung von *al-Madīṭīs* als *mathethés*, welche in der Literatur häufig begegnet, scheint auf den Oxforder Handschriftenkatalog von Uri (Oxford 1787, nicht eingesehen) zurückzugehen.

16. (4) 269.

17. Eb. 268; die zur Begründung vorgebrachten paläographischen Argumente sind jedoch alleine für die Identifikation nicht ausreichend.

sagte: 'Wer bist du, mein Wohltäter?' Er antwortete: 'Ich bin deine vollkommene Natur'.

Hocherfreut erwachte ich. Ich setzte mein Licht in ein klares Gefäss, wie er es mir befohlen hatte, und betrat die unterirdische Kammer. Da sah ich einen Greis, der auf einem goldenen Thron sass und in seiner Hand eine Tafel aus grünem Smaragd hielt. Auf der Tafel stand geschrieben: 'Dies ist die Herstellung der Natur'. Vor ihm lag ein Buch, auf dem geschrieben stand: 'Dies ist das Geheimnis der Schöpfung und das Wissen von den Ursachen der Dinge.' Ich nahm die Tafel und das Buch in aller Ruhe und verliess die unterirdische Kammer. Aus dem Buch habe ich das Wissen von den Geheimnissen der Schöpfung gelernt, aus der Tafel habe ich die Herstellung der Natur entnommen und habe das Wissen von den Ursachen der Dinge gelernt. So bin ich als ein Weiser hochberühmt geworden. Ich habe Talismane und Wunderwerke verfertigt. Ich habe die Mischungen und Zusammensetzungen der Naturen wie auch deren Gegensätzlichkeit und Harmonie verstanden".

Echtheitsbeglaubigungen wie die zitierte sind aus der spätantiken Literatur hinlänglich bekannt, so dass man nach oberflächlicher Lektüre geneigt sein mag, eine detaillierte Analyse unserer Fundgeschichte, die als Legitimation für das Buch *Sirr al-khalīqa* mit seinem Anhang, der *Tabula Smaragdina*, dient, für müssig zu erachten. Sorgfältige vergleichende Betrachtung deckt jedoch innere Widersprüche der Handlung auf, die ihre Ursache vor allem in der selbst in diesem Genre ungewöhnlichen Anhäufung von Offenbarungsmotiven haben. Die unbefriedigende Verknüpfung heterogener Motive macht es somit möglich, Einblicke in die Genese von Echtheitsbeglaubigung und beglaubigtem Text zu gewinnen.

Nehmen wir zum Vergleich eine weitere Offenbarungsgeschichte aus dem gleichen Umkreis. In unserer Geschichte geht die Offenbarung vom Dreimalweisen Hermes Trismegistos aus, wie die Inschrift der Statue am Eingang zur "Schatzhöhle" bekundet. Da der Autor sein Werk damit ausdrücklich unter die hermetischen Offenbarungsschriften einreiht, wählen wir unseren Vergleichstext – der in einer längeren und einer kürzeren Version existiert – aus den in arabischer Sprache überlieferten Hermetica, u. zw. aus einer Gruppe, welche sich durch in den Handschriften vielfach variierende exotische Titel auszeichnet, deren Herkunft und Sinn bislang nicht

geschrieben: 'Ich bin Hermes, der dreimal Weise. Ich habe dieses Zeichen öffentlich aufgestellt, jedoch in meiner Weisheit es verhüllt, damit nur ein Weiser gleich mir zu ihm gelangen kann.' Auf der Vorderseite der Säule stand in der Ursprache geschrieben: 'Wer die Geheimnisse der Schöpfung und die Herstellung[9] der Natur kennen lernen will, der schaue unter meine Füsse!'. Die Leute überlegten sich nicht, was er wohl damit meinte. Sie schauten immer unter seine Füsse und sahen nichts.

Ich war wegen meines jugendlichen Alters von schwacher Natur. Doch als meine Natur sich kräftigte und ich las, was vorn auf dem Standbild geschrieben stand, merkte ich, was er im Sinne hatte, ging hin und grub unter der Säule nach. Da stiess ich auf eine unterirdische Kammer, die völlig von Dunkelheit erfüllt war, da das Licht der Sonne nicht in sie eindringen konnte, selbst wenn sie direkt darüber aufging. Die Winde wehten darin unablässig. Da es dort so dunkel war, war es mir nicht möglich hineinzugehen; denn jedes Licht verlosch, da der Winde so viele waren.[10] Ich war demgegenüber ratlos und wurde sehr betrübt. Während ich mir mit bekümmertem Herzen überlegte, was für Mühe ich mir (umsonst) gemacht hatte, fielen meine Augen zu. Da erschien mir ein Greis, mir gleich an Form und Gestalt, und sprach zu mir: 'Erhebe dich, Balīnūs, und betritt die unterirdische Kammer hier, damit du zum Wissen von den Geheimnissen der Schöpfung gelangst und dadurch die Herstellung der Natur erreichst!' Ich erwiderte: 'Ich kann in der Dunkelheit hier nichts sehen, und ein jedes Licht verlischt mir, da der Winde so viele sind'. Er jedoch sagte: 'Setze dein Licht, Balīnūs, in ein klares Gefäss, so dass du damit den Wind von ihm abhältst und er nicht heran kann und du damit die Dunkelheit hier erleuchtest!' Darüber wurde ich seelenruhig, denn ich wusste, dass ich nun ans Ziel meiner Wünsche gelangt war. Ich

9. *Ṣanᶜat (aṭ-ṭabiᶜa)*. Der arabische Terminus lässt sich nur schwer mit einem Wort treffend wiedergeben; gemeint ist offenbar die Nachahmung der Natur durch den Menschen in der Kunst (Alchemie). Ruska übersetzt "Darstellung der Natur" (a.a.O. 138), Massignon "technique de la nature" (bei Festugière (5) 395) und - weniger korrekt - "mécanisme de la nature" (La nature dans la pensée islamique", *Eranos-Jb*, 14 (1946), 146), Ullmann (19) 171 "Reproduktion der Natur". Widengren (20) 79 mit Anm. 3, schlägt im Anschluss an Massignon "art, technique" vor; seine Kritik an Ruska ist nicht berechtigt; er hat die von Ruska beabsichtigte technische Nuance des Terminus "Darstellung" nicht erfasst und diesen daher als Synonym zu "exposition" missverstanden.

10. Zusatz in L: die unterirdische Kammer sei durch einen Windtalisman vor Eindringlingen geschützt gewesen (vgl. weiter unten).

überhaupt als typisch gelten kann, die literarische Einkleidung angeblicher Offenbarungen zum Zwecke der Echtheitsbeglaubigung. Dazu gehen wir von jener Offenbarungsgeschichte aus, welche einer in arabischer Sprache erhaltenen Kosmologie als Legitimation vorangestellt ist. Der Text trägt den Titel *Geheimnis der Schöpfung* (arab. *Sirr al-khalīqa*) oder *Buch der Ursachen* (arab. *K. al-ᶜIlal*) und ist dem Neupythagoreer Apollonios von Tyana (arab. *Balīnūs*) untergeschoben. Ziel der Studie ist es, durch Analyse der hier auftretenden Topoi der Offenbarungsübermittlung und Bestimmung ihres ursprünglichen Kontextes Aufschlüsse über die Arbeitsweise des Autors bzw. Kompilators jenes pseudepigraphen Werkes zu gewinnen.

Hier nun zunächst der Wortlaut der Rahmengeschichte unseres Buches, in welcher der Weise Balīnūs (Apollonios) berichtet, auf welche Weise er in den Besitz des von ihm veröffentlichten Textes *Sirr al-khalīqa* gelangte.[4]

> "Nunmehr[5] möchte ich euch mit meinem Ursprung und meiner Abstammung bekanntmachen. Ich war eine mittellose Waise,[6] ein Einwohner von Tyana. In meinem Heimatorte befand sich ein Standbild aus buntbemaltem[7] Stein, das auf einer gläsernen[8] Säule stand. Darauf (auf dem Standbild) stand in der Urschrift

4. Der arabische Text der Schrift, der in der Dissertation der Verfasserin ediert wurde und demnächst in Druck gehen wird, ist nach folgenden Handschriften rekonstruiert:

M = Madrid, Biblioteca Nacional, Gg 153,

L = Leipzig, Universitätsbibliothek 832,

P = Paris, Bibliothèque Nationale, ar. 2300,

K = Istanbul, Köprülü 872.

Durch die Benutzung besserer Textzeugen haben sich gegenüber dem von Ruska (16) 134 f. erarbeiteten Text geringfügige Abweichungen ergeben. Der Text der Rahmenerzählung wurde noch von ᶜA. Badawī nach zwei späten Handschriften ediert, *Al-Insānīya wa-l-wujūdīya fī l-fikr al-ᶜarabī* (Kairo, 1947; Dirāsāt Islāmīya 4), 188 f.

Die Übersetzung folgt im wesentlichen der deutschen Übertragung der Fundgeschichte von F. Rosenthal in: *Das Fortleben der Antike im Islam* (Zürich, Stuttgart, 1965), 332 f., welche ihrerseits neben der Handschrift Köprülü 872 Ruskas weitgehend wörtliche Übersetzung (a.a.O. 138 f.) mit berücksichtigt.

5. Im vorangegangenen Abschnitt hatte Balīnūs dem Leser zunächst versichert, dass er tatsächlich im Besitz allen Wissens sei, und hierauf die Quintessenz seiner Lehre folgendermassen umrissen: Die Welt mit allen ihren vielfältigen Erscheinungen ist aus einem einheitlichen Urgrund hervorgegangen, deshalb besteht zwischen ihren Teilen eine innere Beziehung; Sympathie und Antipathie sind die Triebkräfte, welche das Verhältnis der Dinge zueinander bestimmen.

6. Zur Charakterisierung des Apollonios als "mittellose Waise" vgl. Philostratos: *Vita Apollonii* I 13, ed. C. L. Kayser (Leipzig, 1870/71); s. auch Silvestre de Sacy: "Le Livre du secret de la créture, par le sage Bélinous", *Notices et Extraits*, 4 (1799), 110 f.

7. buntbemaltem: M; om. L P K.

8. gläsernen: M, in Übereinstimmung mit der lateinischen Übersetzung von Hugo Sanctelliensis (12. Jhd. n. Chr.); hölzernen P K; goldenen L.

Hellenistische Offenbarungsmotive und das Buch "Geheimnis der Schöpfung"[1]

Ursula Weisser*

Parallel zur allmählichen Verlagerung der Zentren wissenschaftlichen Lebens in die neuen Metropolen des Orients ist im Hellenismus eine zunehmende Neigung zu beobachten, offenbarte Gnosis vernunftgemässer Deduktion und wissenschaftlichem Beweis vorzuziehen. Vor allem in jenen vom Orient besonders befruchteten Bereichen, welche man gemeinhin unter dem Begriff der Geheimwissenschaften zusammenfasst — Astrologie, Alchemie, Theurgie und Magie —, ist das Vertrauen in die Autorität eines Gottes, eines mythischen Weisen oder sagenhaften Königs meist grösser als das in den eigenen Intellekt. Je mehr sich der Inhalt der Schriften vom streng Wissenschaftlichen entfernt, desto häufiger werden sie von ihren Autoren nicht nur mit Namen grosser Gelehrter längstvergangener Zeiten geschmückt, sondern darüber hinaus durch ihren Charakter als Offenbarungen mit besonderer Autorität ausgestattet.[2]

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, Ursachen und Hintergründe - religiöser, philosophischer und politischer Natur - dieses ungemein komplexen Phänomens aufzudecken; dies ist von berufenerer Fachleuten bereits von unterschiedlichsten Ansätzen her unternommen worden.[3] Vielmehr wollen wir an einem konkreten Fall eine Begleiterscheinung der populären Hermetik neu beleuchten, welche für geheimwissenschaftliche Texte der Spätantike

* Institut für Geschichte der Medizin, Universität Erlangen – Nürnberg, 852 Erlangen, W. Germany.

1. Dieser Aufsatz enthält – in überarbeiteter und erweiterter Form – ein Kapitel aus der Dissertation der Verfasserin, von der bislang nur eine Zusammenfassung veröffentlicht ist.

2. Man sollte sich allerdings davor hüten, die gesamte pseudepigraphe Literatur deshalb pauschal als Fälschung abzutun. Zu Recht hat W. Speyer kürzlich hervorgehoben, dass bei der Beurteilung von Offenbarungsberichten sorgfältiger als bisher die jeweiligen Umstände und der Inhalt der Offenbarung geprüft werden müssten ("Religiöse Pseudepigraphie und literarische Fälschung im Altertum", *Jb Antike u. Christentum*, 8/9 (1965/66), 111f.; ders. (17) 21; vgl. auch Festugière (5) 309).

(Die abgekürzt zitierte Literatur ist am Schluss des Aufsatzes mit vollen bibliographischen Angaben zusammengestellt.)

3. Stellvertretend für die umfangreiche Literatur auf diesem Gebiet sei nur das Werk von A. J. Festugière: *La révélation d'Hermès Trismégiste*, 4 Bde. (Paris, 1944-54), genannt, das einen ausgezeichneten Überblick über den Stand der Forschung vermittelt.

Ainsi l'existence de deux Abū Jaᶜfar est *le fait d'une correction arbitraire de texte basée sur l'axiome que la ville de Khujanda ne peut pas produire deux mathématiciens à peu près contemporains*, et elle soulève des difficultés chronologiques dont on ne voit pas la solution. Elle va aussi à l'encontre de certains faits et coutumes historiques, savoir: qu'aucun des écrivains qui ont cité le nom et les oeuvres d'Abū Jaᶜfar al-Khāzin n'ont mis les lecteurs en garde contre une confusion possible avec un 2eme mathématicien de ce nom vivant au 4eme siècle H.; on sait que de telles mises en garde sont pratiquées chez les auteurs anciens.

Il existe d'ailleurs un vocable spécial (al-Muttafiq) pour désigner deux personnages qui ont en commun une partie de leur nom et la notion a son importance chez les "traditionnistes". Enfin nous possédons des témoignages qu'Abū Jaᶜfar al-Khāzin et Abū Jaᶜfar M. b. al-Ḥusayn étaient tenus par les auteurs anciens pour un seul personnage.

Dans Kashf ᶜuwār al-munajjimīn (Leiden ms. cod. or. 98; Bodl. Oxf., ms. 1, 964), al-Samawʾal cite notre auteur trois fois à des intervalles suffisamment rapprochés:

1) In Leyde, f. 2b, l. 4 ou Bodl., f. 2b, l. 1 il attribue à *Abū Jaᶜfar al-Khāzin al-Ṣāghānī* La trisection de l'angle (Ṣāghāniyān est une ville de Khurāsān, dans la région de Balkh; Ibn al-Nadīm qualifie Abū Jaᶜfar de Khurāsānī, *Fihrist* éd. Caire non datée, p. 385); en fait, la trisection de l'angle et la construction de deux moyennes proportionnelles reviennent à un même problème : mener par un point une droite sur laquelle les deux côtés d'un angle donné interceptent un segment de longueur donnée (Comparer Paris ms. 2457, ff. 198b – 199a et Paris ms. 2457, ff. 192b – 194a).

2) In Leyde f. 20a, l. 1 ou Bodl. f. 25a, l. 1 al-Samawʾal attribue à *Abū Jaᶜfar al-Khāzin* un mémoire relatif à l'astrolabe.

3) Enfin in Leyde f. 22a l. 5 il cite "*Kitāb al-bayān*" sur les chronologies ou Bodl., f. 27a, l. I, *Kitāb al-tabyān*, (Bodl. ff. 16b – 21b manquent au ms. de Leyde entre les lignes 3 et 4 de 16a), *d'Abū Jaᶜfar Muḥammad b. al-Ḥusayn al-Khāzin*. A aucun moment al-Samawʾal n'a l'air de croire qu'il s'agit d'auteurs différents.

Le Paris ms. 4821 ff. 47b – 67b, contient un fragment de commentaire d'Abū Jaᶜfar M. b. al-Ḥusayn al-Khāzin sur le 1er livre de *l'Almageste*. L'existence d'un tel commentaire est confirmé par al-Bīrūnī *(Qānūn al-Masᶜūdi*, vol. 2, (Hyderabad, 1955), p. 653).

Ce qui précède montre, croyons-nous, comment s'est formée l'hypothèse de l'existence de deux Abū Jaᶜfar et son inutilité.

et d'Abū Sahl al-Qūhī sur la construction de l'heptagone régulier. Il analyse leurs solutions et les compare à la sienne, et rappelle qu'il avait soumis en 358 H. à Abū M. un mémoire sur la question. Le mémoire d'al-Ṣāghānī sur l'heptagone, Paris ms. 4821, 23b – 29a, répond tout à fait à l'analyse d'Abū 'l-Jud. Ce mémoire fixe au 12. IX. 360H. la découverte par al-Ṣāghānī, de la solution d'une des propositions du mémoire. A travers cette correspondance Abū M. ᶜAbdallāh b. ᶜAlī al-Ḥāsib nous apparaît sous les traits d'un mathématicien reconnu, aux relations étendues et dont l'arbitrage est sollicité. Les deux mémoires d'al-Ṣāghānī et d'al-Qūhī lui ont été adressés de *Baghdād*. Au ton des lettres et à certains détails on peut estimer qu'il est déjà d'un certain âge.

Voyons maintenant comment on a été amené à distinguer les deux Abū Jaᶜfar. Le principal responsable en est F. Woepcke. Le mémoire B montre qu'Abū Jaᶜfar a écrit son mémoire après la mort d'al-Khujandi (m. vers 390 H.) et comme Abū Jaᶜfar al-Khāzin est mort au plus tard en 349 H., *l'existence d'un deuxième Abū Jaᶜfar distinct du premier devenait une nécessité.*

Laissons ici la parole à F. Woepcke (Recherches sur plusieurs ouvrages de Leonard de Pise, *Atti Nuovi Lincei*, 14 (1861), pp. 301-324), p. 301: "Abou Mohammed al Khojandi est cité par Edward Bernard (Philosophical Transactions, vol. XIII, année 1683, p. 724, l. 1 à 5) pour une observation de l'obliquité de l'écliptique qu'il aurait faite en 382 de l'hégire, 992 de notre ère ... Cependant il se présente ici une difficulté chronologique". *(Evidemment le mémoire a été copié entre* 358*H. et* 361 *et parle d'un événement survenu après* 382*).*

Woepcke continue p. 302: "Il est vrai qu'Edward Bernard appelle l'astronome dont il parle Abou Mahmoud tandis que le manuscrit traduit ici porte Abou Mohammed, mais cette différence ne dépend dans l'écriture arabe que de l'omission d'une seule lettre et ne paraît pas suffisante pour nous décider à admettre l'existence de deux personnages distincts originaires de la ville de Khojandah en Transoxiane, à peu près contemporains l'un géomètre et appelé Abou Mohammed, l'autre astronome et appelé Abou Mahmoud".

Ainsi, pour ne pas admettre qu'une même ville puisse à 50 *ou* 75 *ans de distance, produire deux mathématiciens*, Woepcke décide d'autorité et contre toute évidence, de confondre les deux personnages. Quant à l'anachronisme grave qu'il vient de créer (mémoire copié avant 362 H. et parlant d'un événement survenu après 382 H.), Woepcke s'en désintéresse tout à fait et l'esquivant par un "quoi qu'il en soit" il passe à l'analyse du mémoire. Les historiens qui ont admis trop facilement la décision de Woepcke ont dû créer de force le deuxième personnage auteur des mémoires A, B, C. *en laissant toujours sans solution l'anachronisme*, et en ajoutant une nouvelle difficulté relative à l'âge d'Abū M. ᶜAbdallāh b. ᶜAlī.

encore les voix du passé. Dans quelle atmosphère souvent hostile ces hommes travaillent, à quelles conditions matérielles et sociales ils sont soumis, cela mériterait d'être conté et apporterait une explication à la lenteur avec laquelle l'édifice monte. Mais ceci est une autre histoire.

Note annexe

Identité d'Abū Jaᶜfar al-Khāzin

Nous voudrions discuter de l'identité d'Abū Jaᶜfar dont Sarton fait deux personnages distincts (*Introduction*, pp. 664, 718). De même Suter (*Mathematiker*, nº 58, 80). Pour la clarté de la discussion admettons qu'il ait existé au 4eme siècle H. deux personnages différents:

I. Abū Jaᶜfar al-Khāzin, ainsi désigné par Ibn al-Nadīm (qui laisse un blanc pour la suite du nom), ibn al-Qifṭī, Ibn ᶜIrāq, al-Bīrūnī, ᶜUmar al-Khayyām, Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī, Ibn Shukr al-Maghribī, le ms. Feyzullah 1359 (6), 245a – 252a: Abū Jaᶜfar al-Khāzin, *Tafsīr Ṣadr al-maqāla al-ᶜāshira* (Max Krause, *Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker*, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik* Abt. B: Studien 3(1936), 437-532, p. 462, nº 124). C'est un géomètre, arithméticien et astronome de valeur.

II. Abū Jaᶜfar Muḥammad b. al-Ḥusayn auteur de:

A) La construction de deux moyennes proportionnelles entre deux segments, Paris ms. 2457, ff. 198b – 199a.

B) Lettre à Abū Muḥammad ᶜAbdallāh b. ᶜAlī al-Ḥāsib, Paris ms. 2457, 86b – 92a, sur la construction de triangles rectangles rationnels. L'auteur y rappelle qu'il avait établi le vice de la démonstration de *feu Abū Muḥammad al-Khujandī* relative à l'impossibilité de $x^3 + y^3 = z^3$ en nombres entiers. Il est important de savoir que F. Woepcke qui a examiné le ms. 2457 est arrivé à la conclusion que les 192 premiers feuillets du ms. et donc le mémoire B, ont été écrits entre 358 H. et 361 H. par le jeune géomètre al-Sijzī. Et il semble très difficile d'échapper à cette conclusion. (Voir W. Thomson, *The Commentary of Pappus* (réimp. New York, 1968), Introd., pp. 38-46).

C) 2eme lettre à ᶜAbdallāh b. ᶜAlī al-Ḥāsib, Paris ms. 2457, ff. 204a – 215a, sur la construction des triangles rectangles rationnels.

En relation avec notre problème il est indispensable de citer la lettre d'Abū'l-Jūd M. b. al-Layth à Abū M. ᶜAbdallāh b. ᶜAlī al-Ḥāsib, Paris ms 4821, 37b – 46a. Abū'l-Jūd y remercie Abū M. de lui avoir fait parvenir la copie de deux mémoires d'Abū Ḥāmid al-Ṣaghānī (professeur d'Abū'l-Jūd)

racine cherchée est alors $\sqrt{\sqrt{37\frac{1}{2}}} - \sqrt{\sqrt{1\frac{1}{2}}}$.

La règle $\sqrt{a} \pm \sqrt{b} = \sqrt{a + b \pm 2\sqrt{ab}}$ est clairement indiquée chez Abū Kāmil qui dit son utilité dans le cas où ab, $a{:}b$ ou $b{:}a$ sont des carrés de rationnels.[127] Sans traiter des racines des apotomes, il écrit directement $\sqrt{225 - \sqrt{50000}} = \sqrt{125} - 10$[128] et se complaît d'ailleurs dans les radicaux, résolvant $x + \sqrt{x} + \sqrt{2x} + \sqrt{5x^2} = 10$; $\sqrt{20 + 4x} + \sqrt{20 - 4x} = 2x$[129] et d'autres équations analogues.

Les règles $\frac{a}{\sqrt{b} \pm \sqrt{c}} = \frac{a(\sqrt{b} \mp \sqrt{c})}{b - c}$ ne sont pas énoncées par Abū Kāmil, mais on les trouve dans un mémoire d'al-Hāshimī[130] qui observe une éclipse de lune à Baghdād en 320 H.[131] Nous ajouterions que le calcul des radicaux est déjà très élaboré dans un mémoire d'Ibn Ḥamla (dit Ibn al-Baghdādī)[132] mais bien que nous estimions que cet auteur appartienne au 4e siècle, disons que nous ne possédons pas sur lui de renseignements chronologiques. Dans l'oeuvre d'al-Karajī, le calcul des radicaux sera définitivement incorporé aux principes de l'algèbre.

Conclusion

Dans les pages qui précèdent le lecteur a vu s'élever pierre par pierre les premières assises de l'édifice algébrique auquel de nombreux artisans apportent leur contribution, restée parfois anonyme. Des hommes venus de tous les points de la Terre d'Islam participent à ce chantier où résonnent

127. Kara Mustafa ms. 379, f. 21a.

128. ib. f. 46a.

129. ib. ff. 56b, 60a.

130. Paris ms. 2457, ff. 76a, 78a.

131. Al-Bīrūnī, *Taḥdīd nihāyāt al-amākin*... (Ankara, 1962), p. 191. Voir aussi al-Tawḥīdī, *al-Muqābasāt*, éd. al-Sandūbī (Caire, 1929), p. 69.

132. Ibn al-Baghdādī, *al-Maqādīr al-mushtarika wa'l-mutabāyina*, dans *al-Rasa'il al-mutafarriqa fī'l-hay'a*... (Hyderabad, 1948).

133. Al-Bīrūnī cite un Ibn al-Baghdādī avec d'autres mathématiciens de valeur dans un ordre qui permet de le localiser dans la première moitié du 4e siècle H.: *Rāshīkāt al-Hind*, p. 7, dans *Rasā'il al-Bīrūnī* (Hyderabad, 1948). Les indications données par al-Bīrūnī sur le mémoire d'Ibn al-Baghdādī (les rapports) concordent avec le contenu du mémoire cité dans la note (132) mais elles sont trop vagues et trop brèves pour autoriser l'identification des deux personnages. D'autre part sur la quinzaine de Baghdādī que nous connaissons, notre auteur est, peut-être, le seul à s'appeler Ibn al-Baghdādī, et presque tous les autres sont postérieurs à al-Bīrūnī ou mieux connus sous un autre nom. Mais il est bon cependant de recueillir d'autres renseignements avant de conclure.

vision synthétique de ces expressions qui le détourne du développement des calculs, lié plutôt à une vue analytique.

Le calcul des radicaux.

Durant la période qui va d'Abū Kāmil à al-Karajī, le calcul des radicaux va se constituer et apparaîtra en un tout cohérent chez ce dernier. Les documents qui nous restent sur ce calcul se complètent comme les pièces d'un puzzle. Dans son algèbre, al-Khwārizmī avait donné les règles $\sqrt{a} \cdot \sqrt{b} = \sqrt{ab}$; $\sqrt{a} : \sqrt{b} = \sqrt{a:b}$; $a\sqrt{b} = \sqrt{a^2 b}$.[26] Mais déjà al-Māhānī fait sauter le cadre étroit des irrationnelles d'Euclide. Les irrationnelles, monômes ou polynômes numériques sont en nombre illimité, trouve-t-il. Il cite

$$\sqrt[3]{a}, \quad \sqrt[3]{\sqrt[3]{\sqrt{a}}}, \quad \sqrt{\sqrt[3]{\sqrt{a}}}$$

et donne des noms à $\sqrt{\sqrt{\sqrt{a}}}$, $\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{a}}}}$, ...[124]

et il serait presque inconcevable qu'un mathématicien de la valeur d'al-Māhānī ne reconnaisse pas les règles

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}, \quad \sqrt[m]{a} = \sqrt[mn]{a^n}$$

que l'on trouvera plus tard chez al-Karajī.[124] A la même époque les fils de Mūsā b. Shākir indiquent que pour calculer $\sqrt[3]{a}$ à 60^{-n} près, il suffit de diviser par 60^n la racine cubique de $60^{3n}.a$ à une unité près.[125] L'élaboration de tables astronomiques et trigonométriques devait d'ailleurs attirer l'attention sur le calcul des radicaux. Pour donner quelques détails disons que, dans un fragment qui nous reste de lui, al-Māhānī extrait la racine carrée des six apotomes, suivant une méthode due à Euclide.[126] Pour prendre la racine de $\sqrt{54} - \sqrt{30}$, il divise $\sqrt{54}$ en deux parties dont le produit égale $(\frac{1}{4})\,30$. D'où $x(\sqrt{54} - x) = 7\ \frac{1}{2}$ que nous avons déjà rencontrée. La

124. La considération de telles irrationnelles est tout à fait dans la nature des choses. On en trouve déjà des éléments chez les Jaïnas Indiens quelques siècles av. J. C. Cf. C. N. Srinivasiengar, *The History of Ancient Indian Mathematics* (Calcutta, 1962), p. 25.

125. *Kitāb maʿrifat misāḥat al-ashkāl li-banī Mūsā*, p.25, in *Rasāʾil Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī*, vol. 2 (Hyderabad, 1359 H.).

126. *Tafsīr al-maqāla al ʿāshira...*, Paris ms. 2457, ff. 180a-187a, voir ff. 181a, 183 a.

mais les mathématiciens de son temps aussi trouvaient l'oeuvre de Thābit difficile.[120]

Signalons:

$$2 \sum_1^n x^2 = \frac{1}{2} \sum_1^n (2x-1)^2 + n^2 + \frac{1}{2} n$$

$$\sum_1^n (2x-1)^2 + \frac{1}{3} n = \frac{2}{3} \cdot 2n \cdot \sum_1^n (2x-1) = \frac{2}{3} \cdot n^2 \cdot 2n$$

$\sum_1^n (2x)^2 = \sum_1^n (2x-1)^2 + \frac{1}{2}(2n)^2 + n$,[121] ce qui donnerait immédiatement les sommes $\sum_1^n x^2$, $\sum_1^n (2x-1)^2$, $\sum_1^n (2x)^2$. Signalons aussi:

$(2n+1)^3 + (2n+1) = 2\ [(n+1)^4 - n^4]$[122] à caractère nettement récurrentiel.

Cependant les démonstrations chez Thābit et les algébristes suivants dont al-Samawʾal (m. vers 576 H. / 986) ne procèdent pas d'une méthode générale. Le raisonnement par récurrence, frôlé quelques fois, et qui aurait fourni le "Sésame, ouvre-toi" pour ce genre de questions n'est pas vu nettement, et les démonstrations très variées réclament beaucoup d'ingéniosité. Même des relations simples comme $(a+b+c)\ b + ac = (a+b)\ (b+c)$, $\frac{a+b}{a} \cdot \frac{a+b}{b} = \frac{a+b}{a} + \frac{a+b}{b}$[123] ne procèdent pas d'une méthode générale de développements de calcul, mais de méthodes variées et ingénieuses, parfois élégantes.

On peut y relever l'influence du langage mathématique sur le raisonnement et la pensée. Dans la représentation des nombres par segments, l'esprit appréhendé par les segments $a+b$, $b+c$, $\frac{a+b}{a}$, . . . comme entités, a une

120. C'est implicitement l'avis de son petit-fils le géomètre Ibrāhīm b. Sinān, *Kitāb ḥarakāt al-shams*, p.69, in *Rasāʾil b. Sinān* (Hyderabad, 1948), et celui d'al-Qūhī, *Misāḥat al-mujassam al-mukāfiʾ* p. 4, in *Rasāʾil mutafarriqa fi l-hayʾa* (Hyderabad, 1948).

121. Prop. 6, 10, 5 de la quadrature de la parabole; *misāḥāt qiṭʿa al-makhrūṭ*..., Paris ms. 2457, ff. 122b-134b.

122. *Misāḥat al-mujassamāt al-mukāfiʾa*, 4e prop., Paris ms. 2457, ff. 95b-122b.

123. *Al-Bāhir*... pp. 117, 116.

Que dire de $\sum_{1}^{n} x^3 = (n^2 + \frac{n}{2})(n+1)\left[n(\frac{n}{5} + \frac{1}{5}) - \frac{2}{30}\right]$(1)?

On sait que les historiens modernes l'ont découverte pour la première fois dans *Miftāḥ al-Ḥisāb*, (écrit après 818 H. / 1415) par Jamshīd al-Kāshī (m. 833 / 1429).[116] Puis ils l'ont trouvée dans une oeuvre d'Ibn al-Haytham antérieure à 429 H. / 1038.[117] En fait, elle existe déjà dans un mémoire d'Abū Ṣaqr al-Qābīṣ.[118] dédié à l'émir Sayf al-Dawla qui gouverna Alep de 333 H. jusqu'à sa mort en 356 H. (944-967).[118bis] L'auteur y loue la grande habileté de l'émir dans le calcul digital et dit avoir recueilli dans son mémoire des sommations éparpillées chez les auteurs, qu'il a enrichies de nouveaux apports. Il énonce sans en réclamer la priorité la formule (1) et $1.2 + 2.3 + ... + n\,(n+1) = n\,(n+1)\,(n+2):3$ (2) à propos de quoi il remarque que sur trois nombres consécutifs, il y en a un divisible par 3. Abū Ṣaqr modifie le problème du jeu d'échecs en mettant sur les cases 1, 2, 6, 18, . . . soit

$u_n = 2 \sum_{i=1}^{n-1} u_i$ et observe que $u_{2n-1} = \frac{3}{2} u_n^2$.

Nous pensons que la formule $1.2.3 + 2.3.4 + \ldots + (n-2)(n-1)n = \frac{n\,(n-1)}{2}\left(\frac{n\,(n-1)}{2} - 1\right)$, recueillie par Ibn al-Khawām (675 H. / 1276)[119] remonte à l'époque concernée ici. Elle découle naturellement de $\sum_{1}^{n-1} x^3$ comme (2) découle de $\sum_{1}^{n} x^2$.

Les lignes précédentes montrent que bien des résultats acquis par les Arabes ont été postdatés par les historiens modernes et ce fait est confirmé par d'autres exemples. Les recherches sur les nombres dont nous avons fait état ont d'ailleurs des précédents au 3e s. H/9e s. On doit à Thābit b. Qurra un grand nombre de propositions numériques (énoncées verbalement) et qui exigent un pénible effort d'imagination basé sur une forte mémoire auditive. Nous avons de la peine à retrouver un fil directeur dans ces propositions

116. F. Woepcke, "Passages relatifs à des sommations de séries de cubes"..., *Annali di Mat. Pura ed. Appl.*, 4 (1864), 225-248; voir p.247.

117. H. Suter, Die Abhandlung über die Ausmessung des Paraboloides von Ibn al-Haitham, *Biblioth. Math.*, 12 (1912), 289-332.

118. Aya Sofya, ms. 4832, 22, ff. 85b - 88a.

118 bis. Pour plus de précision voir *Encyclopédie de l'Islam*, Tome III, Leyde 1971, art. Hamdanides, p. 132.

119. *Al-Fawā'id...*, f.32a.

sa solution dans l'oeuvre de Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī (m. vers 610 H/1210).[111] Nous pourrions fournir d'autres exemples du manque de documentation d'auteurs comme al-Karajī, al-Samawʾal, etc.

Les remarques précédentes nous auront éloigné de l'activité suscitée au 4e s. H. par l'Arithmétique de Diophante. Sans doute la production a dû être étendue mais il ne nous en reste presque rien et nous ne signalerons qu'un mémoire anonyme sur le "triangle rectangle en nombre entiers"[112] et un autre sur le même sujet, assez scolaire, d'Abū ʾl-Jūd ibn al-Layth, (très probablement un Khurasanien), élève d'al-Ṣāghānī, et bon géomètre.[113]

D'autres questions numériques héritées de l'Antiquité, collectées par Nicomaque de Gérase et des auteurs anonymes, vont encore nourrir les recherches. Tels les problèmes plaisants de progressions et de sommations. Dans son Algèbre, Abū Kāmil avait rapporté un artifice d'al-Khwārizmī pour sommer $\sum_{i=0}^{n} 2^i$ où celui-ci utilise $2^m \cdot 2^n = 2^{m+n}$, et $\sum_{i=0}^{n} 2^i = 2^{n+1} - 1$ (fol. 110a). Abū-Kāmil parle aussi de la somme de $1^2 + 2^2 + \ldots + 10^2$ par la formule $\sum_{x=1}^{n} x^2 = n(n+1)\left(\frac{n}{3} + \frac{1}{6}\right)$ (fol. 108b), "qu'il a trouvée répandue dans les livres des anciens arithméticiens (arabes), sans attribution à un auteur ni démonstration", ce qui le laisse perplexe. La 2e formule qu'il donne de la somme, probablement pas inconnue de ses prédécesseurs, $(1 + 2 + \ldots + n)\left(\frac{2}{3}n + \frac{1}{3} \cdot 1\right)$; $\left(\frac{1}{3} \cdot 1 = \text{thulth wāḥid}\right)$ est point par point celle que donne la tablette babylonienne AO 6484.[114] La somme $\sum_{i=1}^{n} i^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2}\right)^2$ dont al-Karajī donne, vers 402 H. / 1011, une démonstration dans le style de l'algèbre géométrique grecque,[115] a dû être connue au moins un siècle plus tôt.

111. Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, *al-Jabr wa'l-muqābala*, India Office (Loth 767, ff. 35-180). Voir Rushd Rashed, "Résolution des équations numériques et algèbre: Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, Viète", *Arch. Hist. Exact Sciences*, 12 (1974), 244-290.

112. Paris ms.2457, ff. 81a-86a, analysé par F. Woepcke, "Recherches sur plusieurs ouvrages de Leonard de Pise", *Atti Nuovi Lincei*, (1861) 211-227, 241-269.

113. Lettre d'Abū'l-Jūd à Aḥmad b. M. al-Ghāzī (?), Leyde, Cod. Or. 168, 14, ff. 116-134a.

114. B. L. Van der Waerden, op. cit., p. 77.

115. *Al-Fakhrī*, f.16a-b; T. L. Heath, *A. Manual of Greek Mathematics* (Oxford, 1931), pp. 68-69.

$$(ab)^2 + (ac)^2 + (ad)^2 + ... + \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2 - d^2 ...}{2}\right)^2 = \left(\frac{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + ...}{2}\right)^2$$ [106]

Quel est l'objectif d'Abū Ja^cfar? Il le dit lui-même: il s'agit de résoudre un problème déjà classique: Etant donné l'entier a, trouver un entier x tel que $x^2 \pm a$ soient des carrés d'entiers. Abū Ja^cfar arrive à des résultats intéressants. Si le système $x^2 + a = u^2$ (4), $x^2 - a = v^2$ (5) possède des solutions, alors $2a = u^2 - v^2$ montre que u et v sont de même parité. De plus $2x^2 = u^2 + v^2$ ou $x^2 = \left(\frac{u+v}{2}\right)^2 + \left(\frac{u-v}{2}\right)^2$ (6). Comme $a = 2 . \frac{u+v}{2} . \frac{u-v}{2}$, nécessairement a est de la forme $4k(k+1)$, car si $\frac{u+v}{2}$ et $\frac{u-v}{2}$ sont impairs ou de la forme 2^n, (6) serait impossible. Il n'y a donc qu'à décomposer $\frac{a}{2}$ en deux facteurs dont la somme des carrés est un carré. Par exemple, pour $a = 24$, $\frac{u \mp v}{2} = 3$ et 4.

Voilà l'essentiel du 2e mémoire d'Abu Ja^cfar. L'auteur est-il allé plus loin? A-t-il essayé de démontrer d'impossibilité de $x^3 + y^3 = z^3$ en entiers? Nous n'en savons rien, et malgré la difficulté de cette proposition il serait injustifié de le nier à priori. Sans doute Ibn Sīnā, au début de 5e s. H. / 11e s., pense-t-il que la question n'est pas encore tranchée,[107] et en 675 H. / 1276, Ibn al-Khawām écrit de même qu'il est incapable de montrer l'impossibilité de $x^3 + y^3 = z^3$ et de $x^4 + y^4 = z^4$ ou d'en trouver une solution. Mais cela ne constitue pas une preuve suffisante en soi, et ici il convient de souligner le manque de documentation des auteurs anciens. Ibn al-Khawām énumère 33 questions restées sans solution dont :

$x^2 \pm (x+2) = \square$(1), $x^2 \pm 10 = \square$ (2), $\left(\frac{x}{y} + \frac{y}{x}\right) = x$ et $x + y = 10$ (3).[108]

Or la solution de (1) en rationnels relève de la méthode de double-égalité de Diophante qui donnerait la solution $x = \frac{34}{15}$.[109] Pour (2), Ibn al-Khawām pouvait dire que le système est impossible en entiers d'après les résultats d'Abū Ja^cfar.[110] Le système (3) mène à $y^3 + 120y = 18y^2 + 100$ qui trouve

106. Euler donne la solution $(2ac)^2 + (2bc)^2 + (a^2 + b^2 - c^2)^2 = (a^2 + b^2 + c^2)^2$, in T. L. Heath, *Diophantus...*, pp. 358, 361, 363.

107. Ibn Sīnā, *al-Burhān* (extrait d'*al-Shifā'*), éd. Badawī (Caire, 1954), p. 135.

108. Ibn al-Khawām, *al-Fawā'id al-bahā'iyya*, Brit. Mus. ms. 5615, ff. 43b-44a.

109. T. L. Heath, *Diophantus...*, p.83. Remarquer que la condition posée par Heath, p.83, l.7, n'est pas satisfaite ici.

110. Le système est impossible aussi en rationnels. Voir L. E. Dickson, *Hist. of the Theory of Numbers*, vol. 2 (New York, 1952), p. 463.

la décomposition d'un nombre en une somme de deux carrés, etc., bref par ces questions auxquelles Fermat consacrera ses notes les plus fameuses, suivant le mot de Thomas L. Heath.[104] Pas plus que le texte grec édité par Tannery, la traduction arabe de l'"Arithmétique" ne semble avoir contenu les démonstrations des propositions numériques utilisées par Diophante dans les problèmes cités plus haut. Le titre très explicite du livre d'al-Būzjānī et les deux mémoires laissés par Abū Jacfar l'attestent suffisamment. Ces mémoires adressés à notre Père Mersenne, le cheikh cAbdallāh b. cAlī, montrent que les mathématiciens ont vu clairement le rôle fondamental joué par la "construction d'un triangle rectangle" rappelée plus haut. Mais un changement d'optique s'est produit et au lieu de le construire en nombres rationnels comme Diophante, c'est plutôt en nombres entiers qu'on le construira. Le mathématicien Abū Muḥammad al Khujandī a donc tenté la résolution en entiers de $x^2 + y^2 = z^2$ (1) et même il a cru avoir démontré d'impossibilité de $x^3 + y^3 = z^3$ (2) en entiers. Le 1er mémoire d'Abū Jacfar sur lequel nous passerons nous apprend que la démonstration d'al-Khujandī relative à (2) est vicieuse et que celle de (1) ne donne pas toutes les solutions.[105] Le 2e mémoire d'Abū Jacfar mérite un examen attentif. Abū Jacfar commence par établir que dans $x^2 + y^2 = z^2$ (1) x et y ne peuvent être tous deux impairs ni tous deux de la forme 2^n, puis il démontre l'identité $(2m + 1)^2 + 4n(2m + 1 + n) = (2m + 1 + 2n)^2$. Alors s'il existe une solution $(x, y, z,)$ de (1), prenons x et y les plus petits possible (c-à-d. sans diviseur commun; il en sera alors de même de x et z, de y et z). Nous pouvons toujours poser $x = 2m+1$ et $z = 2m + 1 + 2n$. Donc $y^2 = 4n\ (2m+1+n)$. Par suite $n\ (2m+1+n)$ est un carré, $\frac{2m+1+n}{n}$ aussi. D'où $n = b^2$ et $2m+1+n = a^2$ (car $2m+1+2n$ et $2m+1$ étant premiers entre eux on en déduit que $2m+1+n$ et n le sont aussi). Par suite $x = a^2 - b^2$, $y = 2ab$, $z = a^2 + b^2$, avec a et b premiers entre eux, l'un pair, l'autre impair. Abū Jacfar vient de démontrer d'une manière élégante un théorème admis par Diophante. Puis il donne un moyen aisé de trouver trois nombres dont la somme des carrés est un carré et sa méthode est susceptible de généralisation, ce qu'il semble remarquer. Abū Jacfar prend arbitrairement a, b, c tels que $a^2 > b^2 + c^2$, et pose $x = ab$, $y = ac$, $z = \frac{a^2 - b^2 - c^2}{2}$. On a bien $(ab)^2 + (ac)^2 + \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{2}\right)^2 = \left(\frac{a^2 + b^2 + c^2}{2}\right)^2$ (3) (ff. 207 a-b). L'intégralité des fractions est assurée par un choix facile de a, b, c. Plus généralement, on aurait:

104. T. L. Heath, *Diophantus...*, pp.104-5.

105. Paris ms.2457, ff. 86b-92a; analysé par F. Woepcke, voir note 112.

al-Khāzin, beaucoup plus connu sous le nom d'Abū Jaᶜfar al-Khāzin[98] ce qui a provoqué chez les historiens modernes son dédoublement en deux auteurs distincts: Abū Jaᶜfar al-Khāzin et M. b. al-Ḥusayn (voir note annexe). Il mourra à un âge avancé vers 350 H. /961. Cet auteur très estimé par Ibn ᶜIrāq et al-Bīrūnī est, au début du siècle, en relation avec Abū Zayd al-Balkhī (235-322/849-934), homme de lettres fécond, philosophe, historien, auteur d'un livre sur les vertus des mathématiques et d'un commentaire partiel du livre d'Aristote: "Le Ciel et le Monde" composé à l'intention d'Abū Jaᶜfar.[99] Très probablement dans la même région, vivent deux mathématiciens Abū Muḥammad al-Khujandī[100] (c-à-d. de Khujanda, ville de Transoxiane) et Abū Muḥammad ᶜAbdallāh b.ᶜAlī al-Ḥāsib qui vivra au-delà de 360 H. / 970, et qui est une espèce de Père Mersenne de l'époque, véritable boîte à lettres des mathématiciens.[101] Par la suite, le mathématicien astronome-astrologue Abū Jaᶜfar deviendra un personnage important. En 342 H. il jouera le rôle de négociateur écouté dans la guerre qui oppose l'armée Khurassanienne de Nūḥ b. Naṣr à celle du Buyide Rukn ad-Dawla prince de Rayy. Peu de temps après d'ailleurs Abū Jaᶜfar se sentira en danger et il se réfugiera chez ce dernier qui l'accueillera avec beaucoup d'égards. Dans la cour du prince, Abū Jaᶜfar bénificie également du patronage du ministre Ibn al-ᶜAmīd.[102] La renommée d'Abū Jaᶜfar atteint Baghdād mais Ibn al-Nadīm, le bibliographe, ne connaît qu'une partie de son nom, Abū Jaᶜfar al-Khāzin, et trois de ses ouvrages.[103] Donc dans les premières décades du 4e s., les mathématiciens de Khurāsān sont vivement intéressés par les problèmes que soulève l'Arithmétique de Diophante : en particulier, par la formation de triangles rectangles dont les côtés sont mesurés par des entiers, par

98. *Al-Fihrist*, p.407; Ibn al-Qifṭī, *Ikhbār al-ᶜUlamā᾽...* (Caire, 1326 H.), p. 259.

99. *Al-Fihrist*, pp.205 et 365. Abū Zayd al-Balkhī est une figure de premier plan. Jeune il vint à Baghdād pour une période de 8 ans, suivant les cours du célèbre al-Kindī, étudiant la philosophie, l'astronomie et l'astrologie, la médecine, les sciences religieuses, ... Yāqūt al-Ḥamawī lui consacre une notice importante: *Muᶜjam al-᾽Udabā᾽*, vol.3 (Caire, 1936), pp. 64-84.

100. Dans la notice qu'il consacre à Abū Zayd al-Balkhī, Yāqūt al-Ḥamawī mentionne dans l'entourage de celui-ci, un Abū Muḥammad al-Khujandī, "homme de science" (expression assez vague). op. cit. p.74. M. al-Khujandī est également mentionné comme familier d'al-Balkhī dans al-Ṣafadī, al-Wāfī bi-l wafayāt, vol. 6, Wiesbaden, 1972, p. 411. Al-Ṣafadī nous apprend qu'Abū Zayd qui avait été pendant des années l'élève du fameux al-Kindī, avait étudié l'astronomie et la médecine; et il rapporte incidemment une anecdote sur Abū Zayd où il est question de calcul digital.

101. Connu par trois mémoires qui lui sont adressés par Abū Jaᶜfar, Paris ms.2457, ff. 86b-92a, 204a-215a ; et par Ibn al-Layth, Paris ms.4821, ff,37b-46a. Ce dernier mémoire nous apprend que ᶜAbdallāh b. ᶜAlī vit loin de Baghdād. Aucune mention de ce mathématicien ne se trouve chez Ibn al-Nadīm, Ibn al-Qifṭī, al-Bayhaqī (*Tārīkh ḥukamā᾽ al-islām*, Damas, 1946) ni dans les nombreuses histoires générales: al-Kāmil, al-Muntaẓim, etc... Cependant il nous semble s'identifier assez bien avec le mathématicien cité par al-Bīrūnī dans al-Athār al-Bāqiya (éd. Sachau, 1878) écrit en 390 H., (1000) (voir l'introduction pour cette date). Al-Bīrūnī y parle de "ᶜAbdallāh b.ᶜAlī al-Ḥāsib, à Bukhārā" auteur d'un mémoire de climatologie basé sur un écrit d'al-Kindī, (m. vers 252H.), p. 255, ll. 13, 14.

102. At-Tawḥīdī, *Mathālib...* p.228.

103. Ibn al-Nadīm laisse un blanc pour le reste de son nom (*Al-Fihrist*, pp.407, 385).

rédigé en 377 H. (987), à peu près muet sur les auteurs non en relation avec Baghdād. L'algèbre va perfectionner l'outil opératoire encore déficient. D'autre part, la théorie des nombres se trouve projetée en avant-scène par les Arithmétiques de Diophante et de Nicomaque et par d'autres oeuvres antiques, comme ce recueil "révélé" attribué à Pythagore dont parle al-Samawʾal.[91] Le 4e siècle se penche avec ardeur sur l'équation du 3e degré et les problèmes de géométrie connexes.[92]

Glissons sur les algébristes al-Sarakhsī (220 – 286 H. / 835 – 899), al-Iṣṭakharī (vers 300 H. / 912), al- ᶜImrānī (m. 344 H. / 955), al-Anṭākī (m. vers 376 H. / 986) dont aucune oeuvre ne nous est parvenue.[93]

D'une classe supérieure est al-Būzjānī (328-387 H. / 940-997). Né dans la Perse Orientale, il est vers 360 H. / 970 un personnage influent à la Cour des Bouyides à Baghdād, et un mathématicien reconnu.[94] En 1860 déjà, F. Woepcke avait fait connaître de lui un calcul de sin 30' dont l'erreur est inférieure à 1, 2.10^{-9}.[95] Al-Būzjānī est le commentateur de trois algébristes fortement influencés par le courant babylonien: al-Khwārizmī, Diophante et Hipparque le Béthynien (vers 150 av. J. C.) dont l'algèbre fut traduite, on ne sait par qui, ni quand. Al-Būzjānī a écrit aussi deux initiations à la théorie des nombres et un *livre sur les preuves des propositions utilisées par Diophante* et par lui-même dans son commentaire de Diophante.[96] Tous ces ouvrages sont perdus. On peut penser néanmoins qu'ils ont laissé un écho dans l'oeuvre de son successeur immédiat al-Karajī.

Cependant l'influence de Diophante s'était fait sentir à une époque antérieure. Passons sur le Commentaire de Qusṭā b. Lūqā (m. vers 300 H.)[97] et arrivons aux premières années du 4e s. H. Ici quelques détails biographiques sont indispensables. L'Ecole de Baghdād est en train de végéter et il faut se tourner vers les provinces iraniennes pour y saisir une activité scientifique. Un homme de Khurāsān domine la première moitié du 4e s. Son nom complet est Abū Jaᶜfar Muḥammad b. al-Husayn al-Khurāsānī al-Ṣaghānī

91. Al-Bābir, p.122.

92. Abū'l-Jūd à qui on doit la solution géométrique de bon nombre d'équations du 3ᵉ degré est un digne précurseur d'al-Khayyām. (*Al-jabr* cité en note 89, pp.28.37). Le 4ᵉ siècle H. (Xᵉ) compte une pléiade de bons géomètres: al-Khāzin, al-Qūhī, al-Ṣāghānī, Abū'l-Jūd, al-Sijzī, al-ᶜAlaʾ b. Sahl, al-Shannī. La trisection de l'angle et la construction de l'heptagone et de l'ennéagone réguliers furent au centre de leurs recherches.

93. *Al-Fihrist*, pp. 407-9, 379.

94. Ib. p. 408; al-Tawḥīdī, *Mathālib al-Wazīrayn*, éd. al-Kīlānī, (Damas, 1961), pp. 137-9, 208, 315; al-Tawḥīdī, *al-Imtāᶜ wa'l-muʾānasa*, éd. Amin et Zayn, 2ᵉ éd. (Caire), introd. et pp. 19,41,50.

95. F. Woepcke, "Sur une mesure de la circonférence ...", *Journ. As.*, 15 (1860), 281-320.

96. *Al-Fihrist*, p.408. Une erreur assez répandue est qu'al-Būzjānī a traduit Diophante. Elle a été probablement lancée par d'Herbelot ignorant de la traduction de Qusṭā b. Lūqā, et Cossali s'y est rallié. (Voir Colebrooke, *op.cit.*, Introd. p. 72).

97 Ibn Abī Uṣaibiᶜa, *ᶜUyūn al-Anbāʾ*..., vol.I (Caire, 1882), p. 245.

b) La géométrie intervient aussi dans la résolution des problèmes comme on l'a vu à propos des partages. Là, elle altère la généralité de l'algèbre. Quelle raison ont eu les géomètres hellènes pour répudier la solution algébrique? Il est possible qu'ils aient vu dans sa démarche mécanisante une aliénation de l'esprit. Dans la méthode géométrique l'esprit conduit à chaque moment la solution, et progresse pour ainsi dire, en pleine lumière, jetant des ponts entre les éléments connus, jusqu'à franchir le fossé qui le sépare de l'inconnu. Sans doute est-il soumis à un perpétuel effort d'invention, mais loin de défavoriser la méthode aux yeux des Grecs, cela la rehausse. Si l'on veut bien, Platon n'a pas écrit au frontispice de son Ecole: Que nul n'entre ici s'il n'est logisticien ! Ainsi conçue, la mathématique ne peut devenir évidemment une technique pour la masse.

Conclusion.

L'oeuvre d'Abū K. reflète une activité mathématique intense en même temps qu'elle révèle la variété et l'importance des matériaux qui, sous le regard étonné des algébristes, refluent à la surface comme les débris d'un navire. En même temps que l'algèbre s'enrichit de ces apports elle s'organise aussi et se développe. Plus généralement, des travaux mathématiques originaux ont lieu parallèlement aux acquisitions et provoquées par elles: Al-Jawharī ajoute une cinquantaine de théorèmes aux *Eléments* d'Euclide et tente de démontrer l'axiome V;[88] al-Māhānī, dans un problème de segment sphérique laissé inachevé par Archimède, débouche sur une équation du 3e degré;[89] Thābit b. Qurra résout le difficile problème du volume du paraboloïde et de l'aire de la parabole, et donne une formule des nombres amiables qui sera suivie plusieurs siècles plus tard par une autre de Descartes-Fermat.[90] Et on ne peut accepter la thèse simpliste, parfois avancée, d'une activité scientifique qui, à l'image de l'assimilation organique, se serait déroulée en trois étapes: traduction, assimilation, production.

III Le 4e siècle hégirien (10e siècle ap. J. C.)

Plus d'un siècle sépare Abū K. du 3e grand algébriste arabe al-Karajī; les mathématiciens vont y apporter chacun sa pierre à l'édifice qui monte lentement. Une de nos principales références reste *al-Fihrist* d'Ibn al-Nadīm,

88. Al-Ṭūsī, *al-Risāla al-shāfiya*, in *Rasā'il al-Ṭūsī*, vol.2 (Hyderabad, 1359 H.), pp. 4,17-26. *Al-Fihrist*, pp. 385-393. A. I. Sabra, "Thābit ibn Qurra on Euclid's Parallels Postulate, *Journal of the Warburg and Courtanld Institutes*, 31 (1968), 16.

89. Daoud S. Kasir, transl., *The Algebra of Omar Khayyām* (New York: Columbia University, 1931), pp.1-28. *Les oeuvres complètes d'Archimède*, Trad. Paul Ver Eecke, Tome I (Paris, 1960), pp. 101-105 : prop. IV du 2e livre de "Sphère et Cylindre".

90. G. Sarton, op.cit., p.599. L. E. Dickson, *History of the Theory of Numbers*, vol.I (New York, 1952), pp. 38-41.

le I, 25 de Diophante. Le problème présente une indétermination simple et il en est de même pour les quatre autres. Abū K. donne une première solution "en usage chez les arithméticiens". Toujours cette phrase qui revient sous sa plume. Il y désigne les inconnues par *shay'* (chose), *dīnār* (denarius), *dirham* (drachma), *fals* (obolos), trois noms de monnaie d'origine gréco-romaine, et opère par substitution. La 2e méthode due à Abū K. témoigne de sa maîtrise et de son souci de généralisation: elle rappelle un procédé de Diophante Quel que soit le nombre de personnes il suflit de 2 inconnues fixes: x la somme de tous les avoirs, y_1 l'avoir de la 1 ère; l'avoir y_i de la ième personne est une inconnue provisoire donnée en fonction de x et y_1 par l'équation:

Prix de la bête $= y_1 + a_1 (x - y_1)$

$= y_i + a_i (x - y_i)$

La somme des y_i sera égalée à x (ff. 96b-97a).

Au début de la solution, Abū K. se prévaut, non pas de son habileté, mais du soulagement qu'il apporte au calculateur; en effet, en l'absence de toute notation, on reconnaît à quel point la résolution avec n inconnues du problème est harassante.

Observations générales

Pour étendue qu'elle soit, notre analyse de l'ouvrage n'en dit pas toutes les richesses. Pour son époque, Abū K. est un algébriste remarquable et un calculateur qui a tous les courages. Il peut nous paraître maladroit, comme dans ses opérations sur les fractions, ou dans $22x^2 - 2x^3 = \sqrt{384x^4}$ (fol. 51b) où il élève au carré, au lieu de simplifier par x^2 (comme il le fait ailleurs). La chose s'explique, pensons-nous, par son désir de sauver le legs reçu, et de ne pas paraître mal informé. Un autre fait à relever est le large appel fait à la géométrie grecque qui se place sur deux plans différents :

a) Les *Eléments* d'Euclide apportent le soutien de leurs démonstrations dans les propositions fondamentales de calcul $a(b + c + ...) = ab + ac + ..., ab = ba, \frac{a}{b} = \frac{ac}{bc}$, ... *Cette aide était indispensable en l'absence d'une théorie arithmétique des nombres irrationnels*, mais elle pouvait se limiter au minimum. En fait elle prend une place étendue, et les algébristes n'auront pas de prévention contre la géométrie qui reste le modèle de la rigueur mathématique. Ainsi au 6e siècle H. (12e siècle ap. J. C.) al-Samaw'al ne cite que des démonstrations géométriques pour les équations normales.[87]

87. Al-Bāhir, op.cit., pp. 78-87. Il n'est pas déplacé de citer ici le grand Gauss qui, dans une critique aimable d'une démonstration arithmétique de Legendre, dit que l'auteur "ne paraît pas avoir satisfait à la rigueur géométrique" in *Recherches arithmétiques*, trad. franç. (Paris, 1807; réimp. 1953) p. 490.

(La racine de (3) doit être positive). Ici, Abū K. place une remarque fort belle qui ouvre une percée sur la méthode d'itération et les suites infinies. Le manque de notations en renforce le mérite.

$$\text{Posons } x_0 = x^2 + bx$$

$$x_1 = x^2 + bx + m\sqrt{x^2 + bx}$$

$$\text{ou } x_1 = x_0 + \left(\frac{m}{b}\right).\ b\sqrt{x_0}$$

et formons les expressions $x_2 = x_1 + \left(\frac{m}{b}\right)^2 b\sqrt{x_1}$

$$x_3 = x_2 + \left(\frac{m}{b}\right)^3 b\sqrt{x_2}\quad,\quad \text{etc.}$$

Abū K. fait observer que les expressions obtenues, jusqu'à l'infini, sont des carrés. Il le montre pour x_2, x_3 (f. 91a – b). Il est possible qu'Abū K., qui montre beaucoup d'engouement pour les quantités irrationnelles, soit l'auteur de ce type d'exercices: en tête du chapitre, il réclame, sans préciser davantage, le mérite de questions nouvelles.

Les exercices d'analyse indéterminée sont suivis d'un important lot de questions diverses qui forment un ensemble tout à fait distinct. C'est un pot pourri de problèmes anecdotiques qui, durant des siècles, ont fait les délices ou le cauchemar des écoliers: poursuite de courriers, robinets qui coulent dans un bassin, grains de blé qui s'amoncellent sur les cases d'un échiquier, compagnons qui achètent en commun une monture, progressions arithmétiques habillées en problèmes de razzias, gages de domestiques et pour clore deux problèmes pieux: l'homme qui, après une transaction heureuse, fait une aumône aux pauvres (f. 108a): tous genres qui ne disparaîtront plus. Un type de problème est absent et nous ne l'avons trouvé dans aucune algèbre ou arithmétique arabe: c'est le prêt avec intérêt, défendu par la loi coranique. On aura reconnu dans ce qui précède bon nombre de problèmes de l'Anthologie grecque ou des tablettes babyloniennes.[86]

Les cinq premiers exercices de ce lot de questions variées nous paraissent les plus importants car ils conduisent à des systèmes linéaires d'équations à 3, 4, ou 5 inconnues (ff. 95a – 101a). Ce n'est pas à dire que les systèmes fassent ici leur première apparition, mais là les systèmes s'introduisent tout naturellement et avec une amplitude remarquable. Dans l'un de ces problèmes 4 hommes veulent acheter en commun une bête et chacun emprunte aux autres un certain quantième de leur avoir pour avoir le prix de la bête. C'est

86. T. L. Heath, op.cit., p.114; O. Neugebauer, *The Exact Sciences...*, p.42; B. L. Van der Waerden *Science Awakening* (Groningen, 3e éd.), p. 78.

de son temps. Nous pouvons donc dire, là encore, que compte tenu de l'époque d'Abū K., *des éléments d'analyse indéterminée avaient pénétré chez les Arabes, du vivant même d'al-Kh.* Plus encore, étant donné le volume du chapitre et la variété des exercices, on peut penser qu'il a existé des traductions de traités anonymes grecs où une large part était faite à l'analyse indéterminée. Ce qui précède confirme la conclusion à laquelle étaient déjà parvenus les historiens que Diophante n'est pas, comme on avait pu le croire, un phénomène singulier dans l'histoire des mathématiques grecques.[85]

Donnons deux solutions de questions indéterminées.

Résoudre (I) $x^2 + bx = \square$ (1) et $x^2 + cx = \square$ (2). Le chapitre contient cinq exercices de ce type (ff. 81a–83a; 88a–90a), où, rappelons-le, b et c sont remplacés par des nombres.

La méthode consiste à lier la détermination de x à celle de deux inconnues auxiliaires u et v répondant aux conditions: (II) $u^2 + bv = \square$, $u^2 + cv = \square$. L'auteur énonce sans justifications que $x = \frac{u^2}{v}$ est solution. (En effet, si $u^2 + bv$ est un carré, alors $\frac{u^2}{v^2}(u^2 + bv)$ est un carré; cette expression s'écrit $\left(\frac{u^2}{v}\right)^2 + b\left(\frac{u^2}{v}\right)$ qui montre que $x = \frac{u^2}{v}$ est racine de (1). De même pour (2).

Pour résoudre (II) nous identifions $u^2 + bv$ à un carré; posons, par exemple, $u^2 = y^2$ et $bv = 2my + y^2$. Par suite $u^2 + cv$ devient $y^2 + \frac{c}{b}(2my + y^2)$ que nous égalons à $(y + p)^2$. La résolution de (II), ci-dessus, est fréquemment employée par Diophante (II, 20, 24). Mais l'idée d'Abū K., de lier x à deux inconnues auxiliaires, est vraiment admirable et fait penser à la méthode qui sera utilisée, quelques siècles plus tard, par les algébristes italiens pour la résolution de l'équation du 3e degré. Nous n'avons pas rencontré cette méthode chez Diophante. Terminons sur un type étranger à Diophante: Résoudre le système

$$x^2 + bx = \square \ (1)$$

et $x^2 + b\,x + m\sqrt{x^2 + bx} = \square$ (2) (ff. 91a – 92b; 93b. 6 exercices).

On pose $x^2 + b\,x = \left(\frac{mx}{b}\right)^2$ (3) d'où une valeur rationnelle de x. L'expression

(2) devient $\frac{m^2x^2}{b^2} + \frac{m^2\,x}{b} = \frac{m^2}{b^2}(x^2 + b\,x)$

$$= \frac{m^2}{b^2}\left(\frac{m\,x}{b}\right)^2$$

85. T. L. Heath, *Diophantus of Alexandria* (New York, 1964), pp. 111-124.

et $x^8 + 100\,x^4 = 10000$ (fol. 55b) où $x = \sqrt{\sqrt{\sqrt{12500} - 50}}$ qui montren que très tôt les Arabes ont envisagé d'autres variétés d'irrationnelles que celles d'Euclide.

Du chapitre de géométrie nous ne dirons rien sauf qu'il est entièrement de caractère métrique et qu'il suppose chez le lecteur une bonne familiarité avec les *Eléments* d'Euclide.[84] Nous arrivons à un chapitre qui marque une étape dans l'histoire de l'algèbre arabe, celui de "l'analyse indéterminée"[84bis]. Dans les 38 exercices de ce chapitre il faut calculer x rationnel (rapport de deux entiers naturels) pour qu'un trinôme ou un binôme en x soit le carré d'un rationnel.

Voici quelques types d'exercices:

1° $x^2 + 5 = \square$ (fol. 79a). 4° $x^2 - 6\,x = \square$ (fol. 80a)

6° $x^2 - 8x - 30 = \square$ (fol. 80b). 7° $x^2 + 2x = \square$ (fol. 81a) et $x^2 + x = \square$

12° Diviser 5 en deux carrés (de rationnels) d'une infinité de manières (folio 84b).

26° $x^2 + 2x = \square$ et $x^2 + 2x + 3\sqrt{x^2 + 2x} = \square$ (fol. 91a).

Bien que ces questions soient "diophantiennes" *aucune d'elles n'appartient au livre de Diophante et les exercices du type 26 n'y ont pas d'équivalent.* Il est certain qu'Abū K. ne connaît pas Diophante. Dans le cas contraire il aurait enrichi son livre exhaustif 1° / de la nomenclature des puissances comme le fera plus tard al-Karajī; non seulement Abū K. ignore les puissances "négatives" mais il cherche encore une dénomination pour x^5 et x^8 qu'il appelle respectivement le carré-carré multiplié par la racine ou le cube multiplié par le carré et le carré-carré-carré-carré au lieu de carré-cube, et carré-cube-cube (ff. 51a – 52a, 57b), 2° / de certaines méthodes relatives à l'analyse indéterminée telles que la double égalité ou la solution de $ax^2 + bx + c = \square$ pour $a = 1$. Rappelons que l'Arithmétique de Diophante a été traduite par Qustā b. Lūqā, de Baalbeck (204 H. – vers 300 H.), probablement après 260 H./873.

Au début du chapitre des questions indéterminées (fol. 79b), Abū K. n'a pas manqué de signaler que ces *questions circulent parmi les arithméticiens*

84. H. Suter en a donné une traduction allemande d'après la traduction latine: "Die Abhandlung des Abū Kāmil Shuja b. Aslam über Fünfeck und Zehneck", *Bibl. Math.* 10 (1909-10), 15-42. Sacerdote en a donné une traduction italienne d'après la traduction hébraïque (Cf. G. Sarton op.cit., vol.I, p.630; ou M. Levey, op.cit., p.8, note 22).

84 bis. Ce chapitre vient d'être analysé par Jacques Sesiano. Voir note 79.

Pour l'algèbre numérique la résolution des quatre équations ne pose pas de problème. Elle est uniforme. Il n'en est pas de même pour l'algèbre géométrique. Abū K. donne quatre démonstrations différentes qui mènent à quatre règles différentes:

1° / $\frac{dx}{c}(x+c)=a$ 2° / $\frac{(dx+b-a)(x+c)}{c}=b$

3° / $\frac{b-d\ [(x+c)+a]}{c}x=a$ 4° / $\frac{dx-(a-b)}{c}\cdot(x+c)=b$

C'est la 1ère règle, à peine modifiée, que nous avons trouvée chez al Kh sans justification, inexplicable par ses procédés habituels de transformation.

Il est bon d'en tracer la démonstration.

Construisons (fig.1) les rectangles $ABCD$ et $AEFH$ d'aire égale à a, tels que $AB=x$

$AE=x+c$. D'où $AD=\frac{a}{x}$ $AH=\frac{a}{x+c}$

Par suite $DH=d$ et $DHGC=dx$

Comme $EBFG=DHGC=dx$, alors $EF=\frac{dx}{c}$

Par suite, $AEFH=\frac{dx}{c}(x+c)=a$.

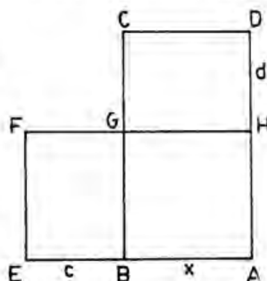


Fig. 1

Et nous venons de déboucher sur le fondamental théorème de l'application des aires, *Eléments* (VI 29),[83] ou encore, nous avons abouti à une équation normale mais la démarche mentale est celle de la géométrie (ou de l'arithmétique élémentaire) avec ses aléas et son manque de généralité.

A la suite des questions précédentes, nous avons une grande variété d'équations irrationnelles, certaines conventionnellement formées, d'autres amenées par le calcul des nombres irrationnels comme le calcul du quotient de 10 par $2+\sqrt{3}$ (fol. 41 b), quotient égalé à x.

L'influence du Xe livre des *Eléments* est nette, mais l'étude systématique des binômes irrationnels n'est pas entreprise ici. On peut dire que le calcul des radicaux comme celui des fractions n'est pas encore dégagé et amené à la forme qui deviendra classique. Notons en passant quelques équations intéressantes $x^4+2x^2=1$ (fol. 46b) qui a pour racine $x=\sqrt{\sqrt{2}-1}$

83. Pour l'exacte correspondance entre la méthode d'Euclide et la solution algébrique de l'équation voir T. L. Heath, *The Thirteen Books...*, vol. II, p. 266.

4° – L'équation (1) est remplacée par un système à 2 inconnues

$$\frac{10-x}{x} = y \qquad (6)$$

$$\text{et} \quad \frac{x}{10-x} = 4\frac{1}{4} - y \qquad (7)$$

$$x = 42\frac{1}{2} - \left(4\frac{1}{4}\right) x - 10y + xy \qquad (7')$$

De (6) on tire $xy = 10 - x$

lequel utilisé dans (7') donne

$$y = 5\frac{1}{4} - \frac{5x}{8}$$

enfin y est reporté dans (6).

5° – Cependant l'équation (1) ne fait que déguiser un vieux problème babylonien et à cet égard la somme $4\frac{1}{4}$ est très suggestive. Il s'agit de trouver deux nombres inverses de somme connue.[82] D'où la 5e méthode :

$$u + v = 4\frac{1}{4}$$

$$u\,v = 1$$

$$\text{puis } u\left(4\frac{1}{4} - u\right) = 1 \qquad \text{etc.}$$

Nous avons parlé du courant d'algèbre géométrique qui concurrence l'algèbre numérique et dont s'est détourné al-Kh. Ce courant est nettement dessiné chez Abū K. L'exemple suivant va nous montrer le mécanisme de cette algèbre. Il s'agit de quatre problèmes de partage qu'Abū K. présente sous la forme attrayante de sommes a et b d'argent à partager entre x et $x + c$ hommes. la différence des parts individuelles est d. Il en résulte les équations suivantes:

$$1°/ \quad \frac{a}{x} - \frac{a}{x+c} = d \text{ (fol. 29a)} \qquad \text{cas } a = b$$

$$2°/ \quad \frac{a}{x} - \frac{b}{x+c} = d \text{ (fol. 29b)} \qquad a < b$$

$$3°/ \quad \frac{b}{x+c} - \frac{a}{x} = d \text{ (fol. 30b)} \qquad a < b$$

$$4°/ \quad \frac{a}{x} - \frac{b}{x+c} = d \text{ (fol. 31b)} \qquad a > b$$

82. Voir O. Neugebauer and A. Sachs, op.cit., p. 130.

plus d'une solution. Abū K. en donne cinq :

1° – Soient x et $10 - x$ les deux parties. Donc

$$\frac{x}{10-x} + \frac{10-x}{x} = 4\frac{1}{4} \quad (1)$$

$$x^2 + (10-x)^2 = 4\frac{1}{4}\,.\,(10-x) \quad (2) \text{ etc.}$$

Al-Kh. donne cette solution sans justifier la transformation de (1) en (2).

2° – La 2e méthode très utilisée par les Babyloniens et Diophante, consiste à appeler les deux parties $5 \pm x$, d'où l'équation. : $\frac{5+x}{5-x} + \frac{5-x}{5+x} = 4\frac{1}{4}$.

Cette méthode a l'avantage d'éliminer le terme en x.

Entre la 2e et 3e solution s'insère la démonstration, par segments, de règles particulières:

$$\frac{a}{b} = \frac{a\,a}{b\,a} \quad (3)$$

$$\frac{a}{b} + \frac{b}{a} = \frac{a^2+b^2}{a\,b} \quad (4)$$

utilisées dans la 1ère solution, et

$$\frac{a}{b}\,.\,\frac{b}{a} = 1 \quad (5)$$

qui servira plus loin. C'est la règle (5) qu'al Kh. a maintenue à la suite de sa solution, sans doute pour une raison didactique. Ajoutons qu'Abū K. n'ignore pas les règles générales des fractions $\frac{a}{b}\,.\,c = \frac{a\,c}{b}$ (fol. 54 r) et $\frac{a}{b}\,.\,\frac{c}{d} = \frac{a\,c}{b\,d}$ (fol. 64b) qu'il utilisa ailleurs et qui sont certainement connues dès le début de l'Islam. D'autre part, on ne peut pas dire que sa démonstration de (3), (4), (5) soit heureuse. Non seulement elle porte sur des nombres entiers mais aussi la démonstration de la règle-clé (3) admet, sans la nommer explicitement, la proposition (VII, 17) des *Eléments* : $\frac{a}{b} = \frac{am}{bm}$.

3° – L'équation (1) est transformée en

$$\frac{x^2}{10-x} + 10 - x = \left(4\,\frac{1}{4}\right)x$$

puis $$\frac{x^2}{10-x} = \left(5\,\frac{1}{4}\right)x - 10$$

$$x^2 = (10-x)\left[\left(5\,\frac{1}{4}\right)x - 10\right] \text{ etc.}$$

Bibliographie

Cet ouvrage largement attesté par Ibn al-Nadīm,[74] al-Sinjārī,[75] Ibn Khaldūn[76] et bien d'autres, a été mis à profit par al-Karajī,[77] al-Samaw'al,[78] puis plus tard par Léonard de Pise.[79] Il en existe, en particulier, le manuscrit Qara Mustafa 379, Istanbul, auquel nous référerons. Martin Levey a publié une version hébraïque de la première moitié du livre, faite par M. Finzi (vers 1460), et sa traduction anglaise. Le lecteur voudra bien y trouver une étude intéressante sur Abū K. et toute la bibliographie souhaitée.[79]

L'algèbre d'Abū K. se présente comme le miroir des connaissances algébriques de son temps. Tous les courants qui se sont étalés à l'époque d'al-Kh. et dans les décades suivantes viennent s'y refléter, et, dans sa préface, l'auteur ne manque pas de dire le soin qu'il a pris de dépouiller les écrits antérieurs. Ce caractère est souligné par l'épithète *al-Shāmil* (exhaustif) et *al-Kāmil* (complet) que les usagers décerneront à son livre.[80] En maints endroits de l'ouvrage une méthode sera qualifiée de "courante chez les arithméticiens" révélant ainsi une large tradition; ou, au contraire, de "rare". Si l'on se rappelle qu'al-Kh. était en vie en 232 H., on voit que bien des matériaux recueillis par Abū K. étaient connus du vivant d'al-Kh., sinon plus tôt. Abū K. reprend avec respect l'oeuvre d'al-Kh. en incorpore la théorie à son ouvrage, en la complétant et en démontrant systématiquement les règles, parfois de plusieurs manières. Mais la variété de questions qu'il va étaler dans son oeuvre est exceptionnelle.

Un premier exemple va nous fournir une idée de l'extraordinaire richesse de l'ouvrage: "Diviser 10 en 2 parties telles qu'en les divisant l'une par l'autre on ait pour somme de leurs quotients $s = 4\frac{1}{4}$". Al-Kh. a traité le même exercice avec $s = 2\frac{1}{6}$ (fols. 25b – 28a).[81]

Ce type de problème, très ancien, a sans doute reçu au cours des âges

74. *Fihrist*, p. 406.

75. Al-Sinjārī, *Irshād al-qāṣid...*, (Beyrouth, 1322 H.), p. 125.

76. Ibn Khaldūn, *al-Muqaddima*, (Caire, sans date), p. 484.

77. Al-Karajī emprunte un grand nombre d'énoncés à Abū K. Citons par ex., dans *al-Fakhrī*, (Caire ms. V, 212). II (22;23;28;29,34;39;40) III (12;13;14;15;17;20), IV (17;18;19;21;22;23; 28;36;37;38;39) dont les équivalents sont chez Abū K. ff. (79a; 79b; 83b; 85a; 41b; 43a; 44a), ff. (28b; 36b; 37a; 41b) ff. (48a; 48b; 56a; 56b; 57a; 89a; 94a; 94b; 95a). Il en existe d'autres qui ne diffèrent que par un changement de constante.

78. Voir *al-Bāhir en algèbre...*, éd. Ahmad et Rashed, (Damas, 1972), pp. 40-41,57,116,230.

79. Voir Martin Levey, *The Algebra of Abū Kāmil..*, (London, 1966), Appendix, pp. 217-220. Jacques Sesiano, "Les méthodes d'analyse indéterminée chez Abū Kāmil", *Centaurus*, 21 (1977), 89-105.

80. A. Anbouba, op.cit. pp. 9-13.

81. Problème cité par Martin Levey, op. cit., pp. 14-15. Mais al-Kh. ne donne que la solution n° 1.

ticularités de langage, Sinān résout les équations dont les termes sont ax^{n+2p}, bx^{n+p}, cx^n; et il donne une double nomenclature des puissances de l'inconnue : l'une , traditionnaliste, s'arrête comme celle de Diophante à x^6 mais présente des singularités comme : *madād* pour x^5 (pas de relation entre les acceptions de *madād* dans le langage courant et celle qu'il a ici) et carré-cube pour x^6.[68] La 2e nomenclature, intéressante en principe, attache malheureusement à tout x^n le rang $n + 1$. Sous la pression de besoins didactiques, bien des algèbres ont dû voir le jour dans les centres que séparaient souvent des distances considérables. De ces algèbres, Ibn al-Nadīm ne nous a conservé que quelques rares noms.[69]

Pendant ce temps, la diffusion des *Eléments* d'Euclide allait bon train, et l'algèbre est gagnée par son influence. Thābit b. Qurra, de Ḥarrān (211-288 H., 827-892), établit les formules des équations normales par les propositions (II 5, 6) des *Eléments*.[70] Al-Māhānī, astronome, qui observa à Baghdad en 223 H. (838), calcule les racines carrées des apotomes par une méthode uniforme empruntée au livre X des *Eléments*.[71] L'une des questions le conduit à $x(\sqrt{54} - x) = 7\frac{1}{2}$, qui lui donne $54x^2 = x^4 + 15x^2 + 56\frac{1}{4}$.

De là $39x^2 = x^4 + 56\frac{1}{4}$ et $x^2 = 1\frac{1}{2}$.[72]

On voit que du vivant d'al-Khwārizmī l'algèbre déborde largement les limites de son ouvrage.

Abū Kāmil Shujā^c ibn Aslam = Abū K.

Nous arrivons maintenant à une figure de premier plan, l'égyptien Abū Kāmil Shujāᶜ ibn Aslam, ingénieur des constructions navales. Il vivait au Caire, sous le cruel Aḥmad b. Ṭūlūn qui gouverna l'Egypte de 254 H. jusqu'à sa mort en 270 H.[73] Dans ce qui va suivre, nous allons examiner son ouvrage fondamental d'algèbre.

68. Il y a coïncidence entre la désignation de x^6 ici et chez les Indiens mais la rencontre s'arrête là. Voir Colebrooke, op. cit., p.10, note 3; J. Tropfke. op. cit., vol.2, (Berlin, 1933), p. 11. Sinān donne le seul exemple arabe, encore que peu probant, que nous connaissions d'un exposant formé par la multiplication de facteurs. Il peut être intéressant de comparer cela avec la nomenclature d'Anatolius: P. Tannery, *Psellus sur Diophante*, Mémoires Scientifiques, tome IV (Paris, 1920), pp. 277-282.

69. Dont une algèbre très prisée par les Byzantins, du juif Sahl ibn Bishr, astrologue qui vécut à Khurasan: *al-Fihrist*, p.397.

70. *Qawl li Abī l-Ḥasan Thābit b. Qurra fī taṣḥīḥ masāʾil al-jabr bi-l-barāhīn al-handasiyya*, Aya Sofya, ms. 2457, 3, ff. 39a-41b.

71. *Tafsīr al-maqāla al-ᶜashira min kitāb Uqlidis lil-Māhānī*, Paris ms. 2457,39, ff. 180b-187a. On doit à Sanad b. ᶜAlī un traité aujourd'hui perdu sur le livre X des Eléments: *al-Munfaṣilāt wa'l-mutawassiṭāt* (les apotomes et les médiales) *Fihrist*, p.397.

72. Al-Māhānī, op. cit., fol. 183a, b.

73. Voir A. Anbouba, "Un algébriste arabe, Abū Kāmil...", *Horizons Techniques du Moyen-Orient*, n° 2 (1963), pp. 6-15.

dans le centre cosmopolite et commercial de Baṣra.[62] La diffusion des mathématiques va s'y intensifier ; et nous possédons pour une époque voisine de 175 H. le témoignage d'un esprit doué d'une curiosité insatiable, l'écrivain al-Jāḥiẓ qui voyait circuler de main en main une profusion de livres sur toutes sortes de connaissances : arithmétique, logique, médecine, géométrie, musique; de métiers : agriculture, commerce, teinturerie, vitrerie, parfumerie... ; d'appareils : astrolabes, balances, instruments de mesure du temps.[63] Sans doute un climat semblable règne-t-il dans d'autres centres, mais les documents qui nous restent s'intéressent surtout à la capitale du califat et à l'aire restreinte de civilisation qui l'entoure.

C'est dans cette atmosphère qu'al-Kh. compose son livre où pour la première fois l'algèbre apparaît détachée de l'arithmétique en discipline indépendante. Mais cette science est sollicitée par diverses tendances. Al-Kh. fait un choix. Avec une rare vigueur de jugement, il ferme la porte à l'algèbre géométrique qui, par des considérations particulières liées au bonheur de l'intuition, conduit aux propositions II, 5, 6 des Eléments ou d'autres analogues, et il opte pour les méthodes générales de l'algèbre numérique qui, grâce à un algorithme fixe, met dans la main de l'apprenti algébriste une véritable "machine à penser".[64] Dans l'ombre des raisons mathématiques qui ont fixé son choix, on peut entrevoir les préoccupations d'un auteur qui veut mettre la science à portée de la masse.

II. Contemporains et successeurs d'al-Khwārizmī

Les trois coups sont donnés. Un bon nombre d'écrits algébriques vont paraître, dont il ne reste presque rien. Dans le seul chapitre qui nous soit conservé de son algèbre, ᶜAbd al-Ḥamīd b. Wāsiᶜ b. Turk, un Turc de Khuttal, région voisine de Khwārizm, donne les démonstrations des équations normales par les mêmes procédés qu'al-Khwārizmī, mais d'une manière plus complète et dans une phrase devenue très souple.[65] Sinān b. Fatḥ appartient à la ville de Ḥarrān[66] au nord de la Mésopotamie, un centre séculaire important de culture grecque, en relation avec l'Université d'Alexandrie. Dans un mémoire conservé au Caire[67] qui accuse des archaïsmes et des par-

62. Il est bon de rappeler que le calcul indien a été mentionné dès les premiers temps de l'Islam par Severus Sebokht, en 42 H. (662). Il devait être d'un usage courant dans les colonies indiennes du Moyen Orient. Voir G. Sarton, *Introd. Hist. Sc.*, vol. I (Baltimore, 1953), p. 493.

63. Al-Ḥājirī, op. cit., pp. 150 et suiv.

64. Le mot est d'Egmont Colerus, *De Pythagore à Hilbert* (Paris, 1947), p. 98.

65. Carullah ms. 1505, ff. 2a- 5a. Publié avec trad. anglaise et turque, et une étude développée, en relation avec les origines de l'algèbre arabe, par Aydin Sayili, *Logical Necessities...*, *Türk Tarih Kur. Yay.*, VII Ser. N°41 (Ankara, 1962), 176 pp.

66. Ibn al-Nadīm, *al-Fihrist*, p. 406.

67. Sinān b. al-Fatḥ, *Kitāb fīhi al-kaᶜb wal-māl wa'l-aᶜdād al-mutanāsiba*, Caire, ms. math. 260, ff. 95a- 104a.

partie algébrique du livre indien dont la traduction fut d'ailleurs longue et difficile.[53] Il est bon de rappeler ici dans quel contexte historique se développe le mouvement scientifique arabe. Les conquêtes arabes débutèrent en 12 H. (734) et s'étendirent en quelques années jusqu'aux frontières de l'Inde ; elles s'accompagnèrent assez vite d'un vaste mouvement de conversion à l'Islam surtout parmi les Iraniens, et de l'adoption, par les convertis, de la langue arabe.[54]

La ville de Baṣra bâtie par les Arabes en 17 H. (639) est, un demi-siècle plus tard, un centre commercial et intellectuel très important mais dont le cachet a cédé devant le cosmopolitisme et où se confronteront les cultures persane, indienne, syriaque et grecque.[55] En 55 H. le nombre de combattants y est de 70,000 Arabes pour 90,000 convertis; en 64 H ces chiffres ont passé à 80,000 et 140,000 respectivement.[56]

Vers la fin du 1er siècle H. c'est le Khurāsān, héritier des cultures grecque, indienne et persane qui se convertit massivement et les centres intellectuels de Merw, Merwarūdh, Herāt, Balkh, Bukhārā, Samarqand deviendront bilingues.[57] A Baṣra toujours, le fameux al-Khalīl (96 – 170) ou (86 – 160)? systématiseur de premier ordre, s'inspirant semble-t-il des notions de grammaire et de logique connues dans les milieux pehlevis asseoit les fondements de la grammaire;[58] de même, pense-t-on, prenant modèle sur la métrique indienne il crée la métrique arabe.[59] Auteur du premier dictionnaire aussi, il se proposait probablement de composer la première arithmétique quand la mort le surprit.[60] Il nous reste de lui une attestation sur l'existence de son temps d'un calcul, *Ḥisāb al-Barjān*,[61] dont un objet était l'élévation au carré (?) et l'extraction de la racine carrée. Quelles qu'aient été l'origine et l'identité de ce *Ḥisāb*, on peut dire que vers le début du 2eme siècle H. (VIIIe) et probablement avant, de nombreux procédés de calcul coexistaient

53. Al-Bīrūnī, *Taḥqīq mā lil-Hind...* (Hyderabad, 1958), pp. 351, 356, 360, 397.

54. J. Wellhausen, *Das arabische Reich und sein Sturz*, trad. arabe (Damas, 1956) p. 60. Ṣāleḥ Aḥmad al-ᶜAli, *Al-Tanẓīmāt al-ijtimāᶜiyya wal-iqtiṣādiyya fil-Baṣra fil-qarn al-'awwal al-hijrī* (Beyrouth, 1969) p. 41. Voir aussi Balādhurī, *Futūḥ al-Buldān*, éd. Munajjid, vol. 2 (Caire, 1957) nos 931, 928, 932, 934.

55. N. Ziadé, *Al-Ḥisba wal-Muḥtasib fil-Islām* (Beyrouth, 1962), pp. 17-19,21; Ṭāh al-Hajiri, *Al-Jāḥiz* (Caire, 1962) pp. 38, 113. Voir aussi J. Wellhausen, op. cit. p. 225.

56. J. Wellhausen, op. cit., pp. 319, 107.

57. J. Wellhausen, op. cit., pp. 237, 348, 253, 193, 358.

58. H. Corbin, *Histoire de la philosophie islamique* (Paris, 1964), p. 201.

59. Al-Bīrūnī, op. cit., p. 115.

60. Ṭāsh Kopru Zadeh, *Miftāḥ al-Saᶜāda...*, vol. 1, (Hyderabad, 1328 H.) pp. 94-96, 128.

61. Sans vouloir discuter ici l'origine du mot *Barjan* disons qu'il existe des raisons de croire qu'il dérive de l'indien. Ce mot est cité en particulier par Ibn Manẓūr, *lisān al-ᶜArab*, 2 (Beyrouth, 1955), act. *Burj*.

les timides considérations de nombres irrationnels, le fait que sur trois démonstrations par segments deux interviennent à propos de tels nombres (pp. 32, 33), tout cela évoque l'image de la géométrie grecque. Mais somme toute l'influence d'Euclide reste superficielle et on pourrait supprimer ces démonstrations qui semblent surajoutées, sans porter atteinte au tronc.

A côté de l'influence précédente on relève des traces à peine sensibles *d'algèbre géométrique* et d'enseignements divers.[51] Dans un problème de partage qui mènerait à une équation de la forme $\frac{a}{x} - \frac{a}{x+b} = d$ (p.51) al-Kh. contrairement à sa méthode habituelle, *énonce, sans explication aucune, une règle générale* qui résout le problème pour toutes valeurs de a et d. Cette règle $\frac{dx\,(x+b)}{b} = a$ (2) ne se justifie pas par les transformations de calcul habituelles à al-Kh. et qu'il n'indique pas d'ailleurs, ici. Elle trouvera son explication par *l'algèbre géométrique*, grâce à Abū Kāmil qui a recueilli pour ce problème de partage cinq solutions différentes.

Ainsi al-Kh. nous révèle des méthodes existant à son époque qu'il ne veut pas incorporer à son ouvrage et à qui il emprunte un résultat en passant. Ce fait est confirmé par sa citation insolite de la règle $\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{a} = 1$ (p. 41, l.13) qui n'a pas de raison d'être dans sa solution mais dans une autre du même problème rapportée par Abū Kāmil. De même, alors que ce dernier démontre une formule indépendante et lourde pour le calcul de x^2,[52] al-Kh., plus simplement, déduit x^2 de la valeur trouvée pour x; mais, fait troublant qui a peut-être son explication dans une manière antique de poser les problèmes, al-Kh. calcule x^2 même dans $ax = b$ (p. 18).

Nous avons dit précédemment l'emprunt fait aux Indiens de deux valeurs de π.[52bis] On voit à quel point les diverses influences se sont mêlées à des époques et dans des conditions qui nous restent cachées.

Conclusion

Il est certain que les premières notions d'algèbre sont apparues chez les Arabes bien avant l'arrivée de la mission indienne qui vers 154 H. apporte une Siddhanta à la cour d'al-Manṣūr. Elles devaient être connues sous le nom générique de *Ḥisāb* (calcul, arithmétique) et ont pu rendre inutile la

51. Comme le bref chapitre des transactions, pp.53-4.

52. Kara Mustafa, ms.379, (ff. 6a, b, 9b-10a, 11b-12a).

52bis. Evidemment des emprunts ont été faits aux Indiens dans d'autres branches des mathématiques. Voir E. S. Kennedy and W. R. Transue, "A medieval Iterative Algorism", *American Math. Monthly* (vol. 63, no. 2, Feb. 1956). Signalons aussi dans al-Samaw'al, *Kashf ʿUwār*..., Leyde or. 98, un chapitre sur l'interpolation ff. 25b - 32a où deux méthodes indiennes sont indiquées dont une de Brahmagupta.

qu'elle appartient à un courant mathématique didactique qui a nourri antérieurement l'oeuvre de Diophante. Aux points de ressemblance déjà signalés entre les deux auteurs, ajoutons que le titre même d'al-Kh.: *al-Jabr wal-muqābala* désigne deux opérations dont l'importance est soulignée dans l'introduction de *l'Arithmétique*[46] et que les deux auteurs se rejoignent dans *le titre* qu'ils donnent à leurs livres comme dans leur emploi de *nombres abstraits* et de *solutions démontrées*, ce qui, de l'avis des historiens, donne à l'oeuvre de Diophante une signification toute nouvelle dans le cours des mathématiques grecques.[47]

Le courant principal où puise l'oeuvre d'al-Kh. est d'origine babylonienne: résolution systématique des questions par les méthodes numériques. Cependant au cours des âges la nécessité des démonstrations s'est imposée, probablement au contact de la science grecque. A cet égard la démonstration de $x^2 + 21 = 10x$, chez al-Kh., (pp. 23–25) rappelle la construction utilisée dans (II, 6) des *Eléments* d'Euclide, de même que la 2eme solution de $x^2 + 10x = 39$ (p. 23) a pu prendre comme modèle la figure de (II, 4).[48] Quelques C. Q. F. D qui ponctuent la fin des démonstrations, les lettres mêmes utilisées dans les figures,[49] l'emploi de *saṭḥ murabbaᶜ* (carré) à côté de *murabbaᶜa* qui semble être l'épithète féminin du mot *arḍ*(terre) d'ordinaire sous-entendu,[50]

46. Trad. Paul Ver Eecke, p.8. Voir G. J. Toomer, "al-Khwārizmī", in *DSB* pour la signification des mots *jabr* et *muqābala* et George A. Saliba, "The meaning of *al-jabr wa'l-muqābalah*", *Centaurus*, 17 (1973), 189-204. Cependant nous considérons que *muqābala*, chez al-Kh. ne signifie pas la suppression des termes semblables des deux membres de l'équation, mais la résolution de l'équation par un ensemble d'opérations dont la 1ère est la suppression des termes semblables.

Les exemples: p.44, l.14; p.45, l.10; p.48, ll.14,2; p.53, l.3; p.49, l.4, sont très significatifs. Dans les exemples p.37, l.16; p.40, l.4; p.49, l.18; p.62, l.18, le mot *qābil* est explicité par toute la phrase qui le suit et non par la première proposition; remarquer l'emploi de la conjonction *fa*, qui lie plus impérativement les propositions de la phrase. Pour la suppression des termes semblables, remarquer l'emploi de *alqā* p.37, ll.1,16; p.39, l.13; p.40, l.6; p.44, l.9; p.46, ll.11,15; p.47, l.2; p.48, l.10; p.51, l.6; p.53, l.4; p.63, ll.1, 2.

Un cas fait exception, p.29, l.14, mais la phrase manque de cohérence et ne concerne pas une équation. Quelques lignes plus loin dans un exemple analogue: p.20, l.5, al-Kh. n'utilise plus le mot *qābil* et Abū Kāmil qui cite le 1er exemple n'emploie pas le mot *qābil*. (al-*Jabr wal-muqābala*, Kara Mustafa, ms. 379, ff. 15b, 16a). Pour al-Karajī le mot *qābil* a le sens de résolution rapporté plus haut. D'autre part, il faut admettre chez les meilleurs auteurs des négligences de style où le couple *jabara wa qābala* vient comme machinalement. Al-Karajī écrit, par ex., *Jabarta wa alqayta wa qābalta*, dans $2\frac{1}{2}x^2 + 7\frac{1}{2}x = 325$; *Fakhrī*, Caire ms. V, 212, f. 34b, l.17.

47. J. Klein, *Greek Mathematical Thought and the Origin of Algebra* (London, 1966), p. 128.

48. Voir T. L. Heath, *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, vol. I, 2e ed. (Dover Publications, N. Y., 1956), pp. 386, 379.

49. Le fait, étudié par M. Cantor, méritait de l'être, bien qu'une critique en ait été faite par S. Gandz, in "The Sources...", op. cit., pp. 267-8.

50. La forme féminine pour triangle, carré (*muthallatha, murabbaᶜa*) et celle *mudawwara* pour cercle prévalent de loin. Le substantif féminin *arḍ* (terre) est quelquefois explicité: p.59, ll.9,12; p.65, ll.11,13. Les écrits qui procèdent de la géométrie grecque utilisent les termes *muthallath, murabbaᶜ* et *dāʾira*.

à l'est. Les propositions d'algèbre géométrique des Eléments d'Euclide dont la nature et l'objet sont si éloignés de l'idéal mathématique grec et des objectifs du livre prennent alors leur véritable signification d'apports étrangers. De même se trouvent éclairée l'étrange physionomie d'Héron d'Alexandrie et de Diophante.[39] L'algèbre d'al-Kh ne serait alors qu'une résurgence de ce vieux courant babylonien, dont *l'évolution et la transmission au cours des siècles restent cependant très obscures.*

Parlant des tablettes mathématiques trouvées à Suse en 1936, Marguerite Rutten souligne "l'intimité constante, universelle de l'Elam, (et plus tard de la Perse) avec la Babylonie" et le rayonnement ultérieur de la science babylonienne sur le monde, consécutif aux conquêtes d'Alexandre.[40] La survivance des traditions babyloniennes apparaît nettement dans la résolution des équations du second degré[41] et elle est confirmée dans d'autres domaines: par exemple, en astronomie.[42] Relevons que E. S. Kennedy a signalé l'emploi par les Arabes d'une méthode babylonienne de calcul de l'ascension oblique, qui est *qualifiée de méthode babylonienne par les Arabes eux-mêmes.*[43] E. M. Bruins a trouvé dans une tablette de Suse, la valeur $\pi = 3\frac{1}{8}$ or vers l'an 300 H. (912) elle est utilisée, pas trop loin de Suse, par un ingénieur d'Ispahan.[44] De même nous retrouvons chez les Arabes, attribuée aux *Persans*, la formule donnant pour l'aire d'un quadrilatère de côtés a, b, c, d $\frac{a+c}{2}\cdot\frac{b+d}{2}$ utilisée par les Babyloniens.[45] Il existe donc un bon ensemble de survivances babyloniennes. Revenant à l'algèbre d'al-Kh. nous dirons

39. B. L. Van der Waerden, op. cit., pp. 118-126, 198-200, 56, 57, 89,. O. Neugebauer, op. cit., pp. 145-150.

40. M. Rutten, *La Science des Chaldéens*, Col. Q. S. J. (Paris, 1960), p. 105.

41. Rappelons l'emploi de l'expression: moitié de x pour la moitié du coefficient (note 17). D'autre part, pour résoudre une équation du 2[e] degré où le coefficient a de x^2 diffère de 1, les Babyloniens multiplient en général l'équation par a, alors qu'al-Kh. divise par a. Cette différence de méthode pourrait s'expliquer par les difficultés soulevées chez les Babyloniens par la division, lesquelles disparaissent avec l'emploi des fractions chez al-Kh. et ses prédécesseurs. Voir F. Thureau-Dangin, op.cit., pp.XXII, XXIII (note). Voir aussi une sommation babylonienne chez Abū Kāmil (note 114, plus bas). Pour une étude poussée et plus technique voir S. Gandz, "The Origin..." (cité en note 37).

42. E. S. Kennedy, "A Survey of Islamic Astronomical Tables", *Trans. Amer. Philo. Soc.*, Vol. 46, part 2 (Philadelphia, 1956), pp. 169-173. O. Neugebauer, *The Exact Sciences...*, pp. 175-6.

43. E. S. Kennedy, op.cit.,172. Al-Bīrūnī, *Rasā'il al-Bīrūnī*, 2, p. 138. Al-Bīrūnī, *The Exhaustive Treatise on Shadows* (Aleppo, 1976), vol. 1, p. 186; vol. 2, p. 114.

44. M. Rutten, op. cit., p. 116 et O. Neugebauer, op. cit., p. 47. L'ingénieur-géomètre M. b. Lurra mesura sur le terrain l'enceinte extérieure de la ville ronde d'Ispahan et trouva 6000 coudées il en déduisit le diamètre 1920 puis la surface (Ibn Rusta, *al-Aʿlāq al-Nafīsa*, *Bibl. geog. arab.*, éd. de Goeje (Leide, 1892), p. 160).

45. Abū Manṣūr al-Baghdādī m. 429 H. (1037) in *Kitāb al-Misāha*, Laleli ms. 2708, 2, fol. 3b attribue donc cette formule aux Persans. Nous la trouvons chez les Babyloniens : voir O. Neugebauer and A. Sachs, *Math. Cun. Texts*, pp. 46-7, 44; J. Oppert, *Mémoires divers relatifs à l'archéologie assyrienne*, 1er fasc. (Paris, 1886), pp. 17,18. Mais elle se trouve aussi chez les Indiens (Brahmagupta), voir Colebrooke op. cit. 295; chez les Romains voir M. Chasles, *Aperçu historique...*, (Paris, 1889), p. 429.

Diophante, celle-ci réfléchit Héron d'Alexandrie (2eme moitié du 2eme siècle) avec une netteté saisissante.[33]

Dans la 3eme partie nous signalerons un seul problème,[34] résolu par un système linéaire de deux équations à deux inconnues ce qui élargit le champ de connaissances de l'époque. Dès le début de la solution les deux inconnues sont distinguées *shay*ᵓ (chose x) et *baᶜd shay*ᵓ (partie de chose, y) et conserveront leur entité au cours de la démonstration. Celle-ci mène à $y = \frac{1}{2}x - 30$, puis y est remplacée par sa valeur dans la 2eme équation au cours même de sa formation. Ce n'est qu'en apparence que d'autres problèmes ont plusieurs inconnues; en réalité, celles-ci (sauf une) sont traitées comme des connues.[35]

Sources d'al-Kh.

Une des raisons de l'intérêt porté par les historiens à la première algèbre est qu'elle représente une science fraîchement acquise et qui, pense-t-on, laisse voir plus facilement ses origines. Dès le début du XIXeme siècle, les discussions opposent les tenants d'une ascendance grecque aux partisans de l'origine indienne et n'aboutissent pas à une conclusion probante.[36] Ce n'est que vers 1930, avec le déchiffrement plus large des tablettes babyloniennes que les origines de l'algèbre arabe (et de la géométrie grecque) commencent à recevoir un éclairement plus satisfaisant et l'on doit ici, rendre hommage à la mémoire de Solomon Gandz pour la contribution considérable qu'il a apportée à cette question.[37] Quelque vingt siècles avant J. C. les Babyloniens possèdent une arithmétique et une algèbre remarquablement avancées pour l'époque, et des connaissances pratiques de géométrie (dont le théorème de Pythagore).[38] Au cours des siècles ce courant mathématique s'étend en un immense delta dont les bras atteignent la Grèce et l'Egypte à l'ouest, et l'Inde

33. O. Neugebauer remarque que des sections entières des écrits géométriques de Héron d'Alexandrie ont passé dans le livre d'al-Kh., *The Exact Sciences in Antiquity* (Providence, 1957), pp. 146, 179.

34. al-Kh., p. 104.

35. Dans une traduction libre de cette partie de l'algèbre, S. Gandz introduit plusieurs inconnues pour rendre certains textes plus accessibles. Nous en prévenons le lecteur. S. Gandz, "The Algebra of Inheritance...", *Osiris*, 5 (1938) pp. 319-391.

36. P. Cossali, Origine, *Trasporto in Italia*, ... vol. 1 (Parme, 1797), p. 216. H. T. Colebrooke, *Algebra with Arithmetic...* (London, 1817; réimp. Walluf bei Wiesbaden, 1973), Introd., pp. 79-80. L. Rodet, "L'algèbre d'Alkhârizmî", *Jour. Asiatique*, 7 (1878), 5-98.

37. Principalement, S. Gandz, "The sources of al-Khuwârizmî's Algebra", *Osiris*, 1 (1936), 263-277. S. Gandz, "The origin and development of the quadratic equations in Babylonian, Greek, and early Arabic Algebra", *Osiris* 3 (1938) 405-557.

38. Voir B. L. Van der Waerden, *Science Awakening*, I (Groningen, 3e éd.), pp. 62-81. O. Neugebauer, *The Exact Sciences...*, pp. 29-52. R. Caratini, R. Labat, *La Mésopotamie* (les mathématiques), dans *Histoire générale des sciences*, vol. I, (Paris, 1957), pp. 103-132.

un nombre soustractif est soustractif... L'énoncé d'al-Kh.: *illā shay*ʾ *fī illā shay*ʾ *māl zāʾid* (moins x par moins x (égale) x^2 additif) va contre la grammaire et la logique mais il est didactiquement commode, *et on ne doit pasy voir la moindre idée de nombre négatif.*[28]

La théorie est suivie de 39 exercices d'application dont un lot de 12 se présente sous la forme : Diviser 10 en 2 parties liées par certaines relations.[29] Une expression commode mais inexacte de ces énoncés serait: $x+y = 10$ avec $xy = a, x^2 \pm y^2 = b$ etc. En fait, *jamais les problèmes ne seront traduits par un système de 2 équations mais toujours par une équation à une inconnue.* Nous aurons $x(10-x) = a, x^2 \pm (10-x)^2 = b$ ... *Ainsi fait également Diophante* qui résout au moyen d'une inconnue des problèmes à plusieurs inconnues.

2eme et 3eme partie

Malgré l'intérêt de la 2eme partie nous nous contentons d'y signaler deux valeurs approchées de π : $\sqrt{10}$ et 62832 : 20 000 *expressément attribuées aux Indiens*; un passage à la limite (aire du cercle); le calcul de la hauteur dans le triangle de côtés 13, 14, 15, et du côté du carré inscrit au triangle de côtés 10, 10, 12 : deux exercices résolus algébriquement.[30] Dans l'ensemble, cette partie se présente comme un précis d'arpenteur, genre qui connaîtra chez les Arabes une littérature abondante[31] et qui, sans doute, possède une ascendance très lointaine.[32] Si la première partie rappelle par certains points

28. Parlant de cette règle des signes chez Diophante, J. Klein dit qu'il est difficile de lui dénier une origine non grecque. J. Klein, *Greek Mathematical Thought and the Origin of Algebra* (London, 1966), p. 127 et note 143, p.244.

29. Cette forme d'énoncés est familière à Diophante aussi I (1, 2, 3, 5, 6), II (14, 15). La tablette babylonienne T. A. 24194 contient 247 énoncés que l'on pourrait à la rigueur présenter ainsi: Décomposer 10 en deux facteurs liés par une relation linéaire donnée ; O. Neugebauer and A. Sachs, *Mathematical Cuneiform Texts* (New-Haven, Conn. 1945) pp. 107-119.

30. Al-Kh., éd. Caire, p.56, lignes 1-10; pp. 62, 65.

31. Citons d'abord les chapitres sur al-Misāḥa contenus dans 1°) *al-Manāzil* d'al-Būzjānī, 2°) *al-Kāfī* d'al-Karajī, 3°) *Miftāḥ al-Ḥisāb* d'al-Kāshī déjà vus, 4°) les commentaires d'al-Shaqqāq m. 511 H. (1117) et d'al-Shahrazūrī m. 550 H. (1155) sur al-Kāfī, Istanbul, Seray ms. 3135, 2 et Yeni Cami, n°801. 5°) *al-Ḥāwī* ..., anonyme, Paris, ms. 2462, écrit peu après 511 H. On doit des traités sur al-Misāḥa à Abū Birza (époque d'al-Kh.), Abū Kāmil (*Fihrist*, éd. Caire, pp. 405, 406); al-Baghdādī m. 429 H. (1047), Laleli, ms. 2708, 2, ff. 1-19; al-Isfazārī m. av. 515 H. (1121), Laleli, ms. 2708, 2, ff. 20a-23b, etc.

32. Voir les nombreux problèmes relatifs à la mesure et aux partages de terrains, au creusement de canaux, au cubage des murs, etc., chez les Babyloniens: O. Neugebauer and A. Sachs, op. cit.; F. Thureau-Dangin, op. cit.; T. L. Heath, *A Manual of Greek Mathematics* (Oxford, 1971) pp. 418-431 (sur Héron d'Alexandrie). S. Gandz a voulu voir dans la partie *al-Misāḥa* une copie d'une oeuvre hébraïque Mishnat ha-Middot, composée selon lui vers 150 ap. J. C. S. Gandz, *The Mishnat ha-Middot*, (Berlin, 1932), pp. 4-12. Sur cette question très contestée, voir G. J. Toomer, al-Khwārizmī, in *DSB*.

au-dessus des algèbres que les savants décadents Ibn al-Hā'im, (753 ou 756 - 815 H.; 1352 ou 1355 – 1412) al-Māridīnī (826 – 907 H. ? 1423 – 1501 ?)[21] écriront quelques siècles plus tard. Mais quel genre de démonstration apporte al-Kh. ? L'appareil de calcul reçu en héritage semble trop rudimentaire pour fournir une solution algébrique, absente également chez son successeur immédiat le remarquable Abū Kāmil (vers 265 H). Cette solution fera son apparition vers 402 H dans l'oeuvre d'al-Karajī[22] *qui l'attribue expressément à Diophante* et il faut supposer qu'elle a appartenu à la partie perdue de l'*Arithmétique.*[23] Nous ne qualifierons pas les preuves d'al-Kh. de géométriques: lui-même n'emploie pas ce terme. Utilisant son propre langage nous dirons plutôt *preuves par figures*. Il est possible que de son temps déjà le mot *preuves géométriques* soit réservé à l'usage des Eléments d'Euclide. La chose apparaît assez nettement chez Abū Kāmil. La géométrie et l'algèbre étant deux disciplines distinctes, donnant lieu à des enseignements distincts, les lecteurs d'al-Kh. ne sont pas censés connaître Euclide. Cet aspect didactique ne doit jamais être oublié dans l'étude des mathématiques arabes.[24] A cette époque d'ailleurs le calife al-Ma'mūn faisait de grands efforts pour diffuser l'enseignement d'Euclide.[25] La méthode utilisée par al-Kh. dans ses démonstrations est l'égalité des aires, qui donne une bonne représentation des équations du 2e degré.

La résolution des six équations normales est suivie de règles élémentaires de calcul, sans démonstration d'ordinaire: addition, soustraction, multiplication d'expressions très simples comme $(10 \pm x)^2$ et les règles[26] $\sqrt{a}\sqrt{b} = \sqrt{ab}$, $\sqrt{a} : \sqrt{b} = \sqrt{a:b}$, $a\sqrt{b} = \sqrt{a^2 b}$. C'est là qu'on trouve la fameuse règle des signes, citée déjà par Diophante:[27] le produit de deux nombres soustractifs est un nombre additif, le produit d'un nombre additif par

21. A. al-ᶜAzzaoui, *Tārīkh ᶜilm al-falak fil-ᶜIrāq* (Bagdad, 1958), p. 188.

22. Al-Karajī, al-Fakhrī (ms. Caire 7829), ff. 22a, 24a.

23. La publication par Roshdi Rashed de la traduction arabe de quatre livres de l'Arithmétique de Diophante remet en question le problème tant débattu du texte authentique de Diophante. Roshdi Rashed, "Les travaux perdus de Diophante", *Revue d'Histoire des Sciences*, 27 (1974), 97-122; 28 1975), 3-30.

24. Pour cette raison, un livre de "calcul arabe" ne portera pas de chiffres indiens et ses méthodes opératoires différeront de celles du "calcul indien". Voir par ex., *al-Manāzil* d'al-Būzjānī (note 8 plus haut).

25. Sur l'importance attribuée par al-Ma'mūn à une connaissance intégrale des *Eléments* voir al-Qifṭī, *Ikhbār al-ᶜUlamā'* (Caire, 1326 H.) pp. 287-8. Les contemporains du calife appelèrent même *al-shakl al-ma'mūnī* (proposition d'al-Ma'mūn) le théorème de l'égalité des angles à la base d'un triangle isocèle: le calife en aurait fait un motif vestimentaire. Voir Tahānawī, *Kashshāf Iṣṭilāḥāt al-Funūn*, vol. 3 (Beyrouth, réimp. 1966), p. 785. Disons par la même occasion que le théorème: un côté d'un triangle est inférieur à la somme des deux autres, s'appelle *al-shakl al-ḥimārī* (théo. des ânes), ibid.

26. al-Kh. (éd. Caire), pp. 27-32.

27. Diophante, *les six livres arithmétiques...*, trad. Paul Ver Eecke (Paris, réim. 1959), p. 7.

Europe, où on la trouve chez Léonard de Pise (1202), Chuquet (1484), Cardan (1545) etc.[16] Voici la résolution de (5) en traduction presque littérale: "Quant aux carrés qui, augmentés de nombres, égalent des choses, un exemple en est: $x^2 + 21 = 10x$ qui signifie: quel est le carré qui augmenté de 21 unités donne dix fois la racine de ce carré? La méthode consiste à prendre la moitié (du coefficient)[17] des choses soit 5, et à la multiplier par elle-même soit 25; enlève du résultat les 21 qui accompagnent le carré, il reste 4 ; prends-en la racine soit 2; ôte cela de la moitié (du coefficient) des choses, 5, il reste 3; telle est la racine du carré et le carré égale 9. Ou à ton gré, ajoute la racine 2 à la moitié (du coefficient) des choses, il vient 7; telle est la racine du carré et le carré est 49.[18] On reconnaît là notre formule classique de résolution des équations du 2eme degré appliquée à $x^2 - bx + c = 0$ soit $x = \frac{b}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - c}$. Le texte montre à l'évidence qu'al-Kh. donne une ***règle générale*** dont l'énoncé et l'intelligence sont rendus plus simples par l'exemple numérique. Al-Kh. ajoute que l'équation (5) est impossible si $\left(\frac{b}{2}\right)^2 < c$, et admet pour racine $\frac{b}{2}$ si $\left(\frac{b}{2}\right)^2 = c$. De même reconnaît-il l'existence d'une seule racine pour les équations (4) et (6).[19] D'un point de vue historique cette solution présente une ressemblance frappante avec les solutions babyloniennes dont le lecteur voudra bien trouver un exemple dans la note.[20]

Les formules sont suivies de leur démonstration. Ce fait est remarquable. Il est à l'honneur de l'auteur et de son époque et met l'oeuvre d'al-Kh. bien

16. J. Tropfke, *Geschichte der Elementar-Mathematik*, III (Berlin, 1937) pp. 79-95.

17. Cette manière de s'exprimer: la moitié des choses au lieu de la moitié du coefficient est très courante et ne gêne pas un lecteur arabe: c'est un produit du terroir puisqu'on la trouve employée chez les Babyloniens. Voir F. Thureau-Dangin, *Textes mathématiques babyloniens* (Leiden, 1938) p. 2, note 1.

18. éd. Caire, p. 20.

19. ibid. pp. 20-21.

20. Nous donnons ci-après la traduction de la tablette babylonienne BM 13901, prob. 7, d'après Roger Caratini. Nous conservons la seule notation décimale des nombres au lieu de la notation sexagésimale originelle. Il s'agit du calcul du côté d'un carré qui conduit à $11x^2 + 7x = 6{,}25$. Le scribe dit: "Multiplie 11 par 6,25 : 68,75. Prends la moitié de 7 : 3,5. Multiplie 3,5 par lui-même : 12,25. Ajoute 12,25 à 68,75 : 81. La racine de 81 est 9; ôte 3,5 que tu as multiplié de 9 : 5,5. L'inverse de 11 n'est pas dans les tables. Par quoi faut-il multiplier 11 pour avoir 5,5? par 0,5. 0,5 est le côté de mon carré". (Pour diviser 5,5 par 11 suivant la méthode habituelle le scribe devrait multiplier 5,5 par l'inverse de 11. Or celui-ci n'est pas un nombre exact). *Histoire générale des sciences*, sous la direction de René Taton, Vol. I. *La Science antique et médiévale* (Paris, 1957), René Labat et Roger Caratini, *La Mésopotamie*, pp. 113-4. La tablette BM 13901 appartient à l'ancien âge babylonien, époque de Hammurapi. Voir F. Thureau-Dangin, (op. cité dans note 17), pp. IX, 1-10 où l'on trouvera la traduction des 24 problèmes de la tablette.

tance presque religieuse pour un Arabe.[12] Les nombres considérés sont arithmétiques, entiers, fractionnaires ou irrationnels. Al-Kh. n'a pas connaissance des nombres positifs ou négatifs et ne tient pas zéro pour un nombre.[13] Ces positions seront tenues par les successeurs d'al-Kh. dans la période que nous étudions et même après.

Essentiellement l'algèbre est une branche de l'arithmétique dont elle se propose de résoudre les problèmes grâce aux notions d'inconnue et d'équation.[14] Eventuellement elle résoudra aussi les problèmes métriques de géométrie. Aussi al-Kh. donne-t-il: (a) les *formules* de résolution des équations (du 1er et 2eme degré). Nous employons le mot formule à dessein. (b) les règles élémentaires de calcul pour mettre les équations sous "leurs formes normales". Fournissons plus de détails:

Al-Kh. considère trois sortes de quantités: l'inconnue, nommée *jadhr* (racine) ou *shay*ʾ (chose), son carré (*māl* ou *murabba*ʿ) et le nombre constant (ʿ*adad*). De la combinaison de ces trois quantités naissent les "six équations normales" énoncées dans cet ordre:

$$ax^2 = bx \qquad (1)$$

$$ax^2 = c \qquad (2)$$

$$bx = c \qquad (3)$$

$$ax^2 + bx = c \qquad (4)$$

$$ax^2 + c = bx \qquad (5)$$

$$bx + c = ax^2 \qquad (6),$$

où a, b, c, sont des nombres arithmétiques non nuls.[15]

Cette classification patronnée par al-Kh. vivra toujours chez les Arabes, en quelque sorte imposée par l'absence des nombres négatifs et passera en

12. Par ex., *sab*ʿ (sept) aura douze terminaisons différentes suivant le cas et le genre: *sab*ʿ*un*, *sab*ʿ*u*, *sab*ʿ*atun*, *sab*ʿ*atu*,... Des difficultés de graphie surgissent aussi quand des lettres (*b*, *l*,..) doivent être liées au nombre, ces lettres ayant des formes différentes suivant leur place dans le mot. Pour ces raisons et aussi parce que le calcul indien est une discipline indépendante, pas nécessairement connue des lecteurs, les chiffres indiens ne sont pas utilisés par al-Kh. ni par ses successeurs immédiats. Il faut des raisons impératives d'économie pour qu'ils apparaissent parfois, comme dans les tableaux ou sur les figures où, d'ailleurs, les chiffres n'appartiennent pas à des phrases construites.

13. Ainsi $x^2 = ax$ possède une seule racine $x = a$.

14. D'autres branches sont: *al-ḥisāb al-maftūḥ* (calcul ouvert = sans inconnue); *ḥisāb al-khaṭaʾayn* (méthode des deux erreurs) ... Voir D.E. Smith, *History of Mathematics*, vol II (Boston, 1953), pp. 437-9.

15. Al-Kh., *al-jabr wal-muqābala*, (éd. Caire, 1939) pp. 17-21.

prend guère pour la 3e. La disparité des trois parties et leur disproportion peuvent soulever la question de savoir si leur fusion en un seul ouvrage n'est pas le fait d'un copiste. La réponse est négative et cette formule de compendium sera toujours sollicitée par une vaste catégorie de lecteurs: *al-Manāzil fi l-Ḥisāb* (les sections en arithmétique) d'al-Būzjānī écrit vers 368 H. (978), *al-Kāfī* (le suffisant) d'al-Karajī écrit vers 403 H. (1012), *Miftāḥ al-Ḥisāb* (la clé de l'arithmétique) d'al-Kāshī écrit après 818 H. (1415)[8] en sont des exemples parmi bien d'autres. Nous avons par ailleurs, sur l'unicité de l'ouvrage d'al-Kh., deux témoignages d'auteurs anciens : al-Ḥubūbī 4e s. H. (Xe) et al-Bīrūnī.[9] Citant, l'un le calcul de π (de la 2e partie *al-Misāḥa)*, l'autre un problème de testament (de la troisième partie) ils les attribuent expressément au livre d'algèbre d'al-Kh.

Suivant une pratique courante à l'époque, al-Kh. ne donne pas de titre à son ouvrage.[10] Les usagers lui donneront un nom, en général, d'après la matière annoncée dans les premières pages.[11]

L'algèbre proprement dite (Iere partie)

Au lecteur qui croirait feuillleter un des nos manuels actuels, évitons quelques méprises. L'algèbre d'al-Kh. ne contient ni symbole ni abréviation pour désigner les inconnues ou les opérations. Elle est entièrement parlée et les nombres mêmes y sont écrits en toutes lettres ce qui en assure une énonciation déclinée conforme aux règles de la grammaire, question d'une impor-

8. A. Hochheim a publié une trad. allemande d'*al-Kāfī*, *Kâfî fîl Ḥisâb*, *Abu Bekr M. b. Al-Husein Al-Karkhi*, (Halle, 1870-80). A. S. Saidan a publié le texte arabe d'*al-Manāzil* avec des extraits d'*al-Kāfī* (Amman, 1971). *Miftāḥ* a été imprimé à Téhéran en 1306 H. (1889), et au Caire en 1967 par Demerdash et Sheikh; voir aussi p. 36 de l'édition du Caire. Citons aussi la toute récente édition de Nader al-Nabulsi (Damas, 1977) et l'édition avec trad. russe de A. P. Youschkevitch, B. A. Rosenfeld et V. S. Segal, *Klyuch arifmetiki ...* (Moskva: Gosudarstvennoe Izdatel'stvo, 1956).

9. Al-Ḥubūbī, *al-Istiqṣā' fil-jabr wal-muqābala*, Bodl. ms. Selden Supenus 22, ff. 1-52a; voir ff. 27b et 51a; al-Bīrūnī, voir ici note 5. A la suite de *Kitāb al-kaᶜb wal-māl wal-aᶜdād al-mutanāsiba* de Sinān b. al-Fatḥ (3e s. H. , Xe) commentateur d'al-Kh. (Caire, ms. math. 260, 95a-104a), il existe deux feuillets appartenant probablement au même traité et où une question d'*al-Misāḥa d'al-Kh.* est rapportée à son algèbre (f. 104b).

10. Cette pratique nous vaudra dans l'ouvrage bibliographique *al-Fihrist* d'Ibn al-Nadīm rédigé en 377 H. (988) un nombre impressionnant de titres uniformes qui ne se distinguent que par le nom de l'auteur comme: grammaire de ... éd. du Caire (sans date), pp. 135, 136, 58-60. Le successeur d' al-Kh., Abū Kāmil, n'ayant pas titré son algèbre, celle-ci reçut des usagers diverses appellations: *Kitāb al-jabr wal-muqābala*, *Kitāb al-Shāmil*, *Kitāb al-Kāmil* ... ce qui jeta le trouble chez les historiens et fit croire à l'existence de plusieurs algèbres.

11. Cependant le copiste du ms. de Berlin l'appellera *Kitāb al-Misāḥa wal-Waṣāyā*, d'après les parties 2 et 3.

le livre d'al-Kh. dont la traduction marque, suivant le mot de George Sarton, le début de l'algèbre européenne.[4]

Une étude attentive de cet ouvrage est indispensable à qui veut comprendre le développement ultérieur de l'algèbre arabe.

Bibliographie

Le plus anciennement connu des mss. du livre d'al-Kh. est le Bodl. Oxford, ms. Huntington 214, copié au Caire en 743 H. (1342). Edité par Rosen à Londres en 1831. avec traduction anglaise, il a été réédité par Musharrafa et Aḥmad au Caire en 1939 et réimprimé depuis, plus d'une fois. Signalons parmi d'autres manuscrits existants le *Kitāb fil-Misāḥa wal-Waṣāyā* (classé anonyme), Berlin no. 5955,6 / fol. 60r – 95v. Le chapitre final *al-dawr* manque. Il n'existe pas d'édition satisfaisante du livre et les études historiques basées sur les éditions citées s'en ressentent. Signalons quelques corrections en nous référant à l'édition du Caire (1939, ou 1968):

1) Page 56, ligne 1, remplacer *al-handasa* (géométrie) par *al-hind* (l'Inde) d'après la leçon du ms. de Berlin, et le témoignage d'al-Bīrūnī).[5]
Ces deux mots s'écrivent en arabe *hndst et hnd*. La leçon *hndst* rend d'ailleurs la phrase incohérente.

2) Supprimer le problème insolite à deux inconnues sur le blé et l'orge qui aura passé d'une annotation de lecteur dans le texte, p. 43. Ce problème n'existe ni dans le ms. de Berlin ni dans la traduction latine publiée par Libri.[6] Signalons aussi que les excercices 27 et 29 (éd. Caire pp. 51, 52) répètent les exercices 8 et 26 (pp. 44, 50). (Les exercices ne portent pas de numéros d'ordre, ni dans les mss. ni dans l'éd. du Caire).

Analyse de l'ouvrage

Le livre d'al-Kh. contient en réalité trois traités :

Le 1er porte sur *l'algèbre* proprement dite; le 2eme sur *al-Misāḥa* (mesure des surfaces et des volumes, pratiquement l'art de l'arpenteur); le 3eme sur les problèmes de *testaments* suivant la loi coranique et intéresse les Musulmans. On sait que les deux traductions latines du livre d'al-Kh. faites au XIIeme siècle[7] ont ignoré les parties 2e et 3e de l'ouvrage, ce qui ne sur-

4. G. Sarton, *Introduction to the History of Science* (Baltimore, 1937, réimp. 1953), vol. 2, part 1, p. 176.

5. Al-Bīrūnī, *Taḥdīd Nihāyāt al-Amākin ...*, éd. al-Ṭanjī (Ankara, 1962), p. 218; voir aussi l'édition de P. Bulgakov (Cairo: *Majalla mahad al-makhṭūṭāt al-ᶜarabiya*, 1962).

6. G. Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie* (Paris , 1838; réimp. Hildesheim, 1967), pp. 253-297.

7. L. C. Karpinski, *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi* (New-York, 1915); et probablement, trad. de Gérard de Crémone, publiée par G. Libri, *op. cit.*, *note* 6.

L'algèbre arabe aux IX[e] et X[e] siècles. Aperçu général

ADEL ANBOUBA*

Acquisition de l'Algèbre par les Arabes et Premiers Développements.

Nous nous proposons dans les pages suivantes de donner un aperçu de l'algèbre arabe durant les 3eme et 4eme siècles hégiriens (IXeme et Xeme), période d'acquisition et de premier développement de cette science. Les lecteurs pourront compléter leur information grâce aux articles sur les algébristes arabes parus dans le *Dictionary of Scientific Biography* (= *DSB*, New York: Scribners, 1970-76), que cette étude essaie, dans la mesure possible, de ne pas doubler. Les lecteurs consulteront aussi avec profit les pages 34-61 du livre de A.P. Youschkevitch, *Les Mathématiques Arabes* (Paris, 1976).

1. Le premier algébriste arabe : al-Khwārizmī (= al-Kh.)

Pour les spectateurs lointains que nous sommes, l'histoire de l'algèbre chez les Arabes s'ouvre sur un coup de théâtre. Vers 204 H. (820), Muḥammad b. Mūsā al-Khwārizmī (c-à-d. originaire de Khwārizm, ancienne province orientale de l'Iran), mort après 232 H. (847),[1] publie une initiation à l'algèbre en une vingtaine de feuillets:[2] *Kitāb al-jabr wal-muqābala*, un petit chef-d'oeuvre dont l'influence sera considérable. Nettement dessiné et rédigé avec concision, il joint à sa valeur mathématique de solides qualités didactiques. Il sera accueilli avec respect par les mathématiciens et restera en usage pendant des siècles, donnant lieu à de nombreux commentaires dont celui du brillant mathématicien Abū'l-Wafā' al-Būzjānī (328-387 H., 940-997).[3] Plus tard, malgré le progrès réalisé par la science, l'Europe s'initiera à l'algèbre dans

* Institut Moderne du Liban, Fanar – Jdaïdet, Beyrouth, Liban. Cet article a été écrit en décembre 1975 sur la proposition du Prof. A. I. Sabra que nous voudrions remercier ici ainsi que les Prof. Roshdi Rashed et E. S. Kennedy pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée dans notre documentation et pour leur amical encouragement.

1. Cf. G. J. Toomer, 'al-Khwārizmī', *DSB*, et *Enciclopedia Italiana*, vol. II (Roma, 1929), art. 'Algebra'. Nous pensons qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter de l'appellation insolite trouvée chez al-Ṭabarī: "M. b. Mūsā al-Khwārizmī al-Majūsī al-Quṭrabullī", qui fait d'al-Kh. un mazdéen (al-Majūsī), de Quṭrabull. Elle contredit toutes les dénominations données à notre auteur par al-Ṭabarī lui-même et les autres historiens, et s'explique par une erreur de copiste qui aura omis la lettre *w* (et) après le mot "al-Khwārizmī"; de sorte qu'al-Majūsī al-Quṭrabullī désigne un second astrologue.

2. L'algèbre occupe la première partie de l'ouvrage seulement.

3. Ibn al-Nadīm, *al-Fihrist* (Caire, sans date), pp. 404, 406, 408; Ibn Khaldūn, *al-Muqaddima* (Caire, sans date) p. 484.

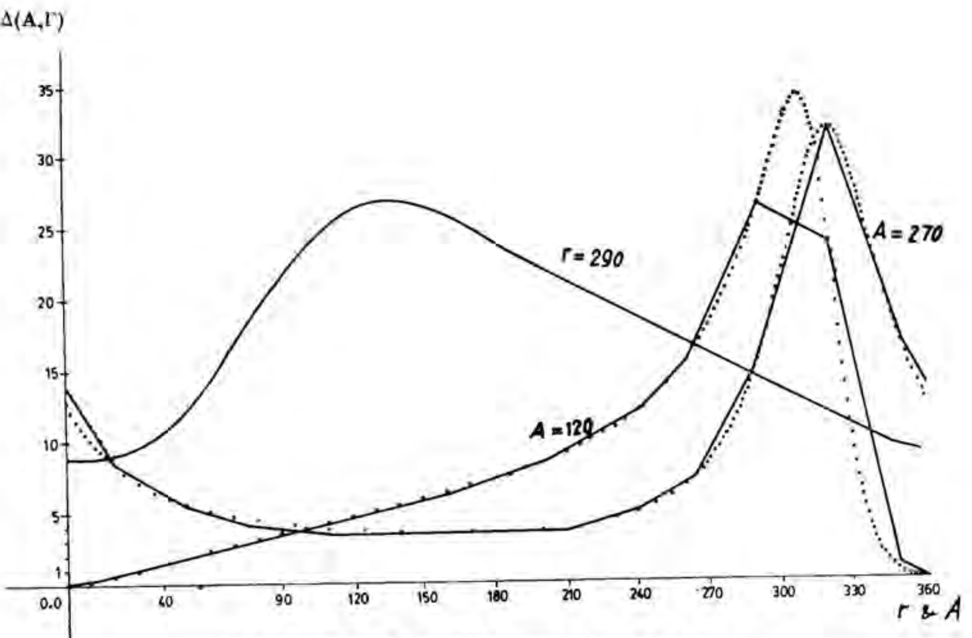
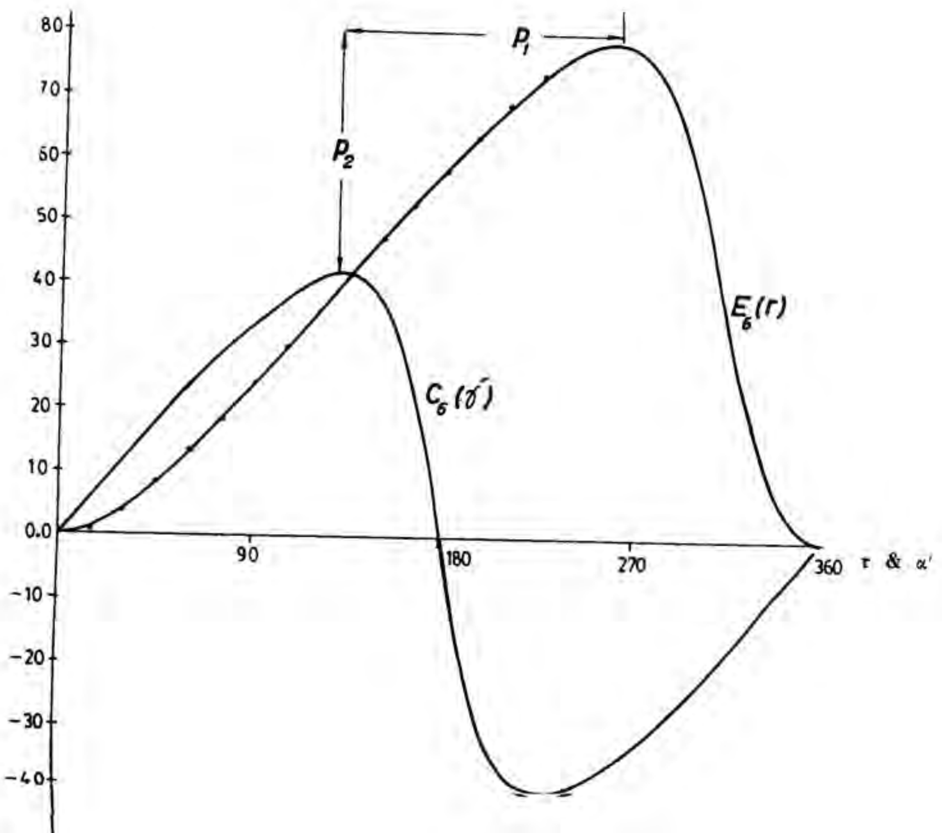


Fig. 3. Cross-sections of the double-argument *'ikhtilāf* table of Mars.
The dotted curves are the computed values; connected lines are of values taken from the text.



80
70
60
50
40
30
20
10
0.0
-10
-20
-30
-40
90
180
270
360
τ & α'
P_1
P_2
$E_6(\tau)$
$C_6(\gamma')$

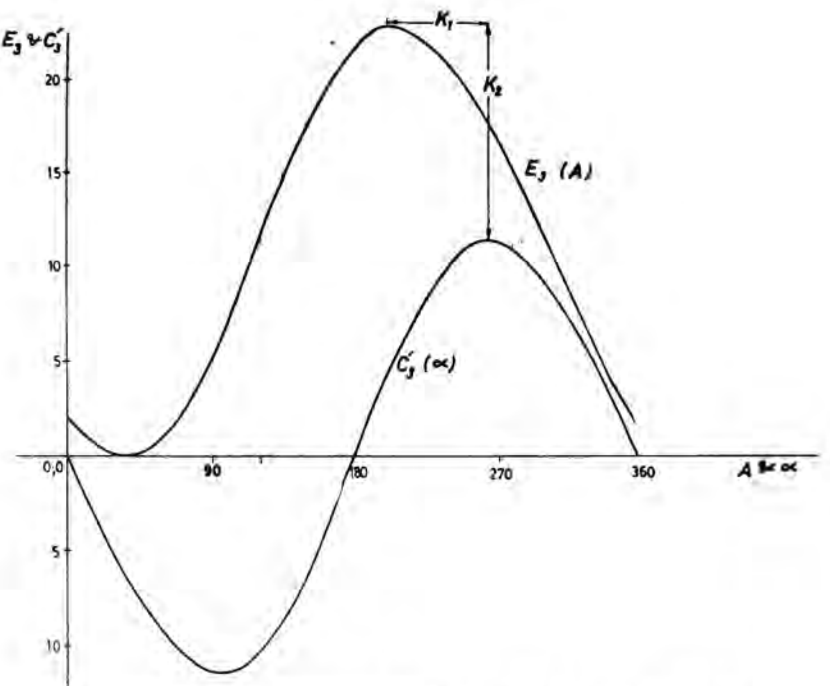


Fig. 1. E (A) of Cyriacus compared to C'_3 (α) of the *Handy Tables* for the planet Mars.

We further conclude that in this *zij* we have a simplification process that involves a conceptual modification, be it of the Ptolemaic models or the Ptolemaic tables, that is of a high level of sophistication and at such a late date in the fifteenth century, traditionally considered a dark age in Islamic science. The motivation for that can be seen in one of two ways: (1) either a response to the challenge of simplicity of use which is not evident in pre-Islamic and early Islamic tables, or, more probably, (2) the attempt to reach a wider range of practitioners.

Center as well, and the results obtained matched very well those given by Cyriacus at values of $\Gamma = 20, 50, 80,\ldots,350°$, and $A = 30, 60, 90,\ldots,360°$ with a variation less than 0;30°, but varying, sometimes considerably, at other points. A quick look at the sections of $\Delta(A,\Gamma)$ plotted as Figure 3 reveals the reason immediately. Cyriacus did not compute Δ for all values of A and Γ, which would be over 5,000 values if taken at intervals of 4°. He selected a few values for Γ, computed them for all the tabulated values of A, and then interpolated linearly for the values in between. Since A is tabulated for ninety-two values, and Cyriacus seems to have selected around twelve values for Γ, he presumably computed the whole equation $\Delta(A,\Gamma)$ for about a thousand values only, and interpolated for the rest. This technique is especially bad for Mars, due to its large eccentricity, but it yields much more precise results for the other planets.

Conclusion

The techniques used by Cyriacus in simplifying the computations of the planetary positions used the same principles applied to the lunar tables.[11]

If the longitude of any planet were to be found according to any Ptolemaic-type table by calculating γ in the equation

$$\lambda = \lambda_a + \alpha + c'_3(\alpha) + c_6(\gamma') + c_8(\alpha') \cdot \begin{cases} c_5(\gamma'), & c_8 \leqslant 0 \ , \\ c_7(\gamma'), & c_8 > 0 \ , \end{cases}$$

where the functions c_3 , c_5 , c_6 , c_7 , and c_8 take on positive and negative values, then the same longitude can be found by adjusting all the Ptolemaic functions so that the reader, or the user of the *zīj*, will need to operate only with addition. Thus:

$$\lambda = \lambda_a + A + E_3(A) + E_6(\Gamma) + \Delta(A,\Gamma)$$

where A, and Γ are defined as above and E_3, E_6 and Δ are described in expressions (2), (3) and (4). If we substitute these expressions for their counterparts on the right-hand side of the above equation we obtain for Mars

$$\begin{aligned} \lambda = \lambda_a + \alpha - 59;45 &+ (c'_3(\alpha) + 11{:}25) \\ &+ (E(\Phi) + 39{:}21) \\ &+ (c_6(\gamma') - E_6(\Phi) + c_8(\alpha') \cdot \begin{Bmatrix} c_5(\gamma') \\ c_7(\gamma') \end{Bmatrix} + 9{:}0). \end{aligned}$$

cancellation, substitution, and rearrangement reduces this expression to the Ptolemaic one displayed at the head of this paragraph.

11. *Ibid.*

Īlkhānī values for c_5, c_6, c_8 one could compute the maximum equation of Cyriacus thus:

$$E(\Phi)_{max} = c_6(\gamma')_{max} - c_8(k_1) \cdot c_5(\gamma')_{max}$$
$$= 42;12 - 0;30 \times 5;38$$
$$= 39;23^\circ$$

which agrees reasonably well with 39;21°, the maximum equation extracted from the tables of Cyriacus. Here again the two-minute variation may have arisen from a variety of factors, one of them being the use of a different *zīj*.

The 'Ikhtilāf Table Δ (A, Γ) *(fol. 44v-50r)*

This table is a double-argument table similar to the one devoted to the moon.[9] It is entered vertically with the argument of the anomaly Γ and horizontally with the *markaz* A. The subdivisions of A and Γ vary with the rate of change of the surface $\Delta(A,\Gamma)$ and are at times tabulated for every degree while at others they are tabulated for jumps of 2°, 3°, 4°, 5° or even 6°.

Analogous to the *'ikhtilāf* table of the moon,[10] this one is also computed for the minor variations in longitude that are due to the distance of the epicycle from the observer. Cyriacus was able to compute the values of $\Delta(A,\Gamma)$ at big jumps of A and Γ because he had already computed the major part of the total equation $E_6(\Gamma)$ to a precision involving subdivisions in minutes.

This *'ikhtilāf* table was also designed, like the other tables, to be always positive. In modern symbols, it is

(4) $$\Delta(A.\Gamma) = c_6(\gamma') - E_6(\Phi) + c_8(\alpha') \cdot \begin{Bmatrix} c_5(\gamma') \\ c_7(\gamma') \end{Bmatrix} + 9;0^\circ$$

where A, Γ are the modified *markaz* and anomaly respectively, so that

$$A = \alpha + k_1,\ \Gamma = \gamma + p_1,\ \gamma' = \gamma + c'_3(\alpha),\ \alpha' = \alpha + c'_3(\alpha),$$
$\Phi = \Gamma \pm c'_3(\alpha)$ for all planets, and
$k_1 = -59;45$, $p_1 = -219;59$ for Mars.

Moreover all functions c_5, c_7 and c_8 are computed as in the *Handy Tables*, but at a distance R' from the observer, as noted above, instead of R as in the *Handy Tables*.

This double-argument table was re-computed at the Harvard Computer

9. Cf. "Lunar Tables...", *JHAS*, *op. cit.*
10. *Ibid.*

by using a set of tabulated functions such as the *Handy Tables*, with the further adjustment introduced to compensate for the adjusted argument γ' by defining a new variable Φ, as the adjusted value of Γ. Hence

$$\Phi = \Gamma + c'_3(k_1)$$

Therefore the table of the second equation of Cyriacus can now be written as

$$E_6(\Gamma) = E_6(\Phi) + 39;21, \quad \text{or}$$

(3) $$E_6(\Gamma) = (c_6(\gamma') - c_8(k_1) \cdot c_5(\gamma')) + 39;21.$$

This same relationship, with a different value of the constant, holds true for the second equation of the other planets, a further confirmation of its validity. Moreover, this re-calculation of c_6 at distance k_1 from the apogee allowed Cyriacus to compensate for $\Gamma = \gamma + p_1$, for now the horizontal displacement of c_6 (γ') compensates for the epoch value of Γ, which was less than γ. In addition, the recomputed curve begins at 0°, which was probably done for the sake of elegance.

Once the allowance for the variation of R to R' was made, the maximum equations as extracted from these tables turned out to be the same as those of Ptolemy for all the planets under study here, with the exception of Mars; for that equation was found to be 42;12, the same as that of the *Īlkhānī Zīj* (Leiden Or. 75 fol. 62r) and that of Chrysococces studied by D. Pingree.[7] This last fact is a further confirmation that the commentary of Chrysococces was based on the *Īlkhānī Zīj*.[8] On the other hand the epicycle radius assumed in the *Īlkhānī Zīj* must be $40;21^p$ and not the Ptolemaic $39;30^p$ for $R = 60^p$.

A computer program was written to reproduce the tables of Mars with the parameter $r = 40;21^p$, and the computed results are the ones plotted as E_6 in Figure 2. The variation between these results and the tabulated values never exceeded one degree, except in this case of Mars and for a small range, between 302° and 333°, where the variation reached as high as 1;41° at two points. Such a variation does not in any way affect the analysis for (1), it is not encountered with any other planet, and (2) it could have arisen from the fact that the computer program was solving the equation *de novo*, while Cyriacus may have been using some rounded tabulated values. Moreover the size of 1;41 in comparison with the maximum values reached in the table, 78;42, is quite small.

As noted earlier, Cyriacus may have been using several *zījes*, the *Īlkhānī* being one of them, for the computation of the several functions. Using the

7. D. Pingree, "Gregory Chioniades and Palaeologan Astronomy", *Dumbarton Oaks Papers*, 18, (1964), 135-160, esp. 150.

8. *Ibid.*

The Second Equation of Mars $E_6(\Gamma)$ *(fol. 42v-44r)*

The tables for this equation occupy four full pages of the manuscript and the recomputed values for this function are plotted as E_6 in Figure 2. We note that, as in the case of E_3, the curve of E_6 is always positive, and that it has been displaced horizontally and vertically by p_1 and p_2 respectively in relation to c_6.

Table 3 gives the values of p_1 and p_2 for the four planets under consideration.

TABLE 3

Planet	p_1	p_2	max E_6	max c_6 *Handy Tables*
Saturn	(– 90) 270°	6	5;57	6;13
Jupiter	(–100) 260	10;37	10;36	11;3
Mars	(–140) 220	39;21	39;21	41;10
Venus	(–135) 225	45;8	45;8	45;59

We note from Table 3 that

$$p_2 \geqslant \max E_6 \ ,$$

and at the same time E_6 is systematically less than c_6 for all planets.

At first glance it looked as if Cyriacus were using a set of maximum equations different from that of Ptolemy. But upon closer investigation it turned out that E_6 was computed by Cyriacus not when the epicycle was at mean distance R, as with Ptolemy, but when the epicycle was at a distance k_1 from the apogee. Since at such positions the epicycle looks smaller to the observer on earth, the maximum equation E_6 would then be necessarily smaller than c_6.

Now, to compute E_6 at k_1 from the apogee Cyriacus could have followed one of two methods: either compute from scratch, as was done at the Harvard Computer Center, and calculate

$$E_6 = \text{arc tan}\left(\frac{r \sin \gamma'}{R' + r \cos \gamma'}\right) ,$$

where r is the Ptolemaic radius of the epicycle, except for Mars, γ' is the adjusted argument, and R' is the distance of the epicycle from the observer when it is at k_1 from the apogee (i.e., *markaz* $= k_1$).

Or Cyriacus probably used a simpler method which would solve for E_6 from

$$E_6(\Phi) = c_6(\gamma') - c_8(k_1) \cdot c_6(\gamma')$$

$\Gamma = \gamma - 219;59\,(\approx 220^0)$, where γ is the anomaly computed from the *Shāmil*. In general,

$\Gamma = \gamma + p_1$, with p_1 varying with the different planets.

We conclude then that Cyriacus has deliberately adjusted the values for A and the anomaly. We will see in what follows the reason for this change.

The First Equation of Mars $E_3(A)$ (Fol. 41v-42r)

The tables for this equation occupy two pages and are so designed that they give one value, to minutes, for various subdivisions of the argument A. The smallest interval is $0;10^o$ when the function varies very fast ($90^o \leqslant A \leqslant 120^o$) and $0;12^o$ for $120^o \leqslant A \leqslant 150^o$ and $0;15^o$ or $0;30^o$, at various other intervals of A.

The title across the two pages reads: "The first equation of Mars, taken with the center (*markaz*) and added to it to obtain the adjusted center, from the *zīj durr al-muntakhab* (the Chosen Pearl)".

The table is indeed always positive and is plotted as E_3 in Figure 1. In relation to $c'_3(\alpha)$, the equivalent table in the *Handy Tables*, that of Cyriacus can be written as:

(2) $E_3(A) = c'_3(\alpha) + 11;25^o$. Or in general

$E_3(A) = c'_3(\alpha) + k_2$,

with k_2 varying according to the maximum equation of the center for each planet. The equation for Mars was solved for integer values of the domain $0^0 \leqslant A \leqslant 360^0$ at the Harvard Computer Center.[6] The results were found to vary from the text of Cyriacus by less than $0;5^o$. Table 2 below gives the values of k_1 and k_2 as extracted from this *zīj*.

TABLE 2

Planet	k_1	k_2	max. eq. Handy Tables
Saturn	14	7	6;31
Jupiter	18	5;35	5;15
Mars	60	11;25	11;25
Venus	49	2;30	2;24

We note from Table 2 that the values for k_2 are either equal to or greater than the maximum equations given in the *Handy Tables*, thus guaranteeing a positive value for E_3 for all values of A.

6. The author wishes to thank the Center for Middle Eastern Studies at Harvard University for the grant and computer time that were used in the preparation of this study.

al-Shāmil, Paris B. N. Arabe 2528.[5] We reproduce in Table 1 the values extracted from these *zījes*, with two others for the sake of comparison.

TABLE 1

Relative positions of planetary apogees
R = Apogee of planet – Apogee of the sun

Zīj	*R Mars*
Shāmil	46;54°
Athīrī	46;54
Cyriacus	46;54
Ḥabash	41;50
Khwārizmī	50;29

There is no doubt that the first three *zījes* derive from one tradition. They probably originated with Abū al-Wafā᾽ al-Būzjānī (*circa* A.D. 997), since they all claim to have based their mean motion tables on that of Būzjānī. The longitude of the apogee of Mars as reported by Cyriacus for the year 850 Y. is 4^s 19;25,37°. The value computed from the Athīrī *zīj* for the same year is 4^s 19;25, 36,49°, which, when rounded to seconds, agrees perfectly with that of Cyriacus.

With such comparisons we can tell with certainty that Cyriacus did not change the relative positions of the apogees, and the other two members of the family can be used to check the values given by Cyriacus. A similar check was made for the mean motions, and the values reported by Cyriacus were found to coincide with those of Athīrī and the *Shāmil*, at least to the fourth sexagesimal place.

Therefore the other two *zījes* can also be used to control the mean motions reported by Cyriacus, as well as the epoch values given for the year 850 Y. The next test revealed what seemed to be a discrepancy, which turned out to be part of the technique used by Cyriacus to simplify (*taqrīb*) his *zīj*. Cyriacus reports for the *markaz* (A) of Mars for the epoch the value of 5^s 4;7,21°, while the value computed from the *Shāmil* gives for the same epoch 7^s 3;52° which gives a discrepancy of 59;44,39° ≈ 60°. Therefore we can surmise that what Cyriacus calls A is actually related to the real *markaz*, α, of the *Shāmil* by the following relation:

$A = \alpha - 60^\circ$. Or in general,

$A = \alpha + k_1$, with k_1 different for each planet.

A similar check for the anomaly gave the following result:

5. E. S. Kennedy, "A Survey of Islamic Astronomical Tables", *Trans. Amer. Phil. Soc.*, (1956), 123-177, Nos. 29 & 56.

of E_6 for Mars. They read: "The second equation of Mars, taken (i.e. entered) with the anomaly and corrected with the [*ikhtilāf*] (Δ) by addition to yield an adjusted second equation. This adjusted second equation is then added to the adjusted center (*markaz*) which gives an adjusted apogee (*sic.*). When the result is added to the apogee of Mars there comes out the true position. The procedure is the same for the other planets".

In modern symbols, the true longitude of any planet is

$$(1) \qquad \lambda = \lambda_a + A + E_3 + E_6 + \Delta \,,$$

where the only arithmetical operation is that of addition, and all the tables are entered directly with either the modified "center" (Arabic *markaz*, A) itself or the modified anomaly (*khāṣṣah*, Γ), defined below. Longitude is denoted by λ; a subscript a indicates the apogee.

In what follows, we will describe in detail the construction of the set of ables devoted to Mars, for the tables of the other planets are constructed according to the same scheme.

We assume that the reader is acquainted with Ptolemaic planetary models and the structure of the *Handy Tables*.[4] Stated briefly, the *Handy Tables* give the longitude of a planet as a result of combining algebraically the values of several functions tabulated for single arguments. One has to perform several arithmetical operations, each usually involving a linear interpolation. In symbols:

$$\lambda = \lambda_a + \alpha + c'_3(\alpha) + c_6(\gamma') + c_8(\alpha') \cdot \begin{cases} c_5(\gamma'), & c_8 \leq 0 \,, \\ c_7(\gamma'), & c_8 > 0 \,, \end{cases}$$

where $\gamma' = \gamma + c'_3(\alpha)$ and $\alpha' = \alpha + c'_3(\alpha)$.

Here α is the "center", the mean epicyclic displacement from the apogee, and γ is the mean anomalistic argument. Both are linear functions of time.

The Apogee (λ_a) *and Epoch Positions of Mars from the Tables of Cyriacus* (*fol.* 40*v*-41r).

The epoch position of Mars' apogee is tabulated together with those of the other planets on fol. 15v. A separate computation of the relative positions of the planetary apogees to that of the sun has revealed a family of *zījes*, all having the same relative positions of planetary apogees. The other two members of the family to which the Cyriacus *zīj* belongs are (1) a *zīj* composed by Athīr al-Dīn al-Abharī (*circa* A.D. 1240) of Mosul; one copy of which is kept at the Chester Beatty Library as Ms 4076, and (2) a *zīj* erroneously ascribed to Būzjānī called

4. A description of the planetary models is found in Appendix I of O. Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity* (2nd ed., Providence, 1957; also available in Dover paperback). For a description of the *Handy Tables* and their use see O. Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy* (*HAMA*) (Springer Verlag, NY, 1976), pp. 969-1026, esp. 1002-1004.

the utmost simplicity for the user; more often than not they require for the determination of a planet's position only:

a) the finding of a few numbers in a table, and

b) the addition of these numbers.

It seems then that this type of astronomical work was not written for any one individual patron, and in all probability was intended for the practising astronomer, or perhaps an astrologer whose competence did not go much beyond elementary arithmetic.

Source

The *zīj* under study is that of Cyriacus (*circa* A.D. 1480), kept at the Bodleian Library as Laud Or. 253.[2] In a separate study this author has analyzed the lunar tables contained in this *zij* (fol. 23v-28r).[3]

The tables studied in this paper occupy fol. 29v-56r and are arranged in four sets, one for each superior planet and one for Venus. Each set contains the following tables: (1) A table of mean motions starting with the epoch time 1 Farvardin 850 Yazdigird (= A.D. 16 Nov. 1480) and gives the mean motion per hour, day, month, single and collective years (for a span of twenty-five), and extending as late as 1575 Y (= A.D. 18 May 2205); (2) a table for the first equation of the planet, the equation of the center hereafter referred to as E_5, and usually occupying two pages of the manuscript; (3) a table for the second equation, that of the epicycle, referred to as E_6 and usually occupying two pages as well; (4) a table called the *ikhtilāf* (variation), referred to as $\triangle$, usually a very large table filling several pages of the manuscript.

The range of the arguments used to enter these tables varies from one table to the other depending on the variation of the function tabulated. In the case of E_6 of Mars, for example, which has a maximum equation of 39;21° (all sexagesimal numbers will be thus represented, using the semicolon to separate integer and fractional digits), a tabular value is given for each 0;20° of the argument where the function varies slowly and for each 0;15°, 0;10°, or even 0;4° where it changes quickly. In contrast, E_6 of Saturn is tabulated for 0;12°, 0;15°, 0;20°, and 0;30° with the fine divisions where the function varies quickly and the large ones when it varies slowly.

The instructions for the use of these tables are given in the introduction, fol. 9r, with a worked example, and are further summarized in various places of the *zij*, for example across the top of the two pages fol. 42v-43r containing part

2. The author wishes to thank the Keeper of Oriental Books at the Bodleian Library for the microfilm used in this study.

3. Cf. G. Saliba, "The Double-Argument Lunar Tables of Cyriacus", *Journal for the History of Astronomy*, 7 (1976), 41-46.

The Planetary Tables of Cyriacus

George Saliba*

Introduction

The phenomenon of improving and simplifying computational techniques in medieval Islamic astronomical handbooks has been the subject of several studies in recent years.[1] With the exception of one, the papers published thus far have dealt with the tables of the two luminaries, the sun and the moon, due to the fact that these have independent models and tables within the Ptolemaic system, and hence lend themselves to separate treatment.

This paper, however, deals with tables for the planets Saturn, Jupiter, Mars, and Venus, omitting discussion of the independent and relatively more complex model of Mercury.

Before proceeding with the technical description and analysis of these tables, it may be of interest to make a few general observations in connection with the category of handbooks which contains these tables.

1. The general tendency so far has been to present the tables as examples of medieval computation in an attempt to exhibit the immensity of the work performed by the medieval computers, usually involving tens of thousands of lengthy operations.

2. Generally these handbooks are called *muḥkam*, or *maḥlūl*, or some other adjective implying that the book is a reworked version of another manual, usually a currently popular *zīj*. We find, for example, more *maḥlūlāt* of the *zījes* of Ibn al-Shāṭir and Ulugh Bey than of Battānī or Ḥabash or other earlier productions.

One gets the impression that they are attempts at making the latest *zīj* available to a wider clientele, a group that would find it difficult to use the original *zīj*.

3. The majority of these *maḥlūlāt* have no dedication or mention of a patron, as is customary with the more usual works on astronomy.

4. In essence, they alter only the table format of the more 'canonical' *zījes*, and as such present no new theory. Their composition invariably involves more work for the author, hence an avid and prolific calculator, but they are of

* Department of Near Eastern Languages and Literatures, Faculty of Arts and Sciences, New York University, Washington Square, New York City 10003, U. S. A.

1. A list of all recent papers dealing with computational techniques and the simplification of *zījes* is given in G. Saliba, "Computational Techniques in a Set of Late Medieval Astronomical Tables", *Journal for the History of Arabic Science(JHAS)*, 1 (1977), 24-32. Add to it the paper of E. S. Kennedy "The Astronomical Tables of Ibn al-Aʿlam", *ibid.*

واما المركب من ابيه وهو الذي يسميه اهل البلدان عند التخلص
فهو الفولاد وله فرند مخصوص به ويسمى بعضا مرجها النخل
فانها طويله مستديره الاسافل على هيئه بواطنها ومنها لطيح السيوف
الهنديه وغيرها ؛ وحال الفولاد في تركيبه على قسمين اما
ان يذاب ماء البوطقه من النرماهن وماءيه ذوبا سوا يتحداذ
به فلا يتميز احدهما من الاخر ويستصلح للمبارد وامثالها ومنه
يسوى الوهم ان الشابرقان من هذا النوع لصحته طبيعيه
يحمل لها الشق واما ان يطلق ذوبهما في البوطقه فلا يتحمل
الامتزاج بينهما بل يكون احداهما من كل جزء من احديهما على
حده عيانا ويسمى فرندا ويقبلون في النصول الى جمعه
والحضرة ويدعون صفتها ؛ قال امرؤ القيس ؛
متوسدا عضبا مضاربه في متنه كمدبه النمل ؛

وقال ابن المعتز ؛
من كف ذي ثقبه الفرند كأنه بقيه غيم رق دون سماء ؛

وقال ايضا ؛
ووسط الحمر يكفيه ذكر غضب كان متنه كزيا ؛
صاحب الحديد كان صقيله لت الفرند عليه اذ نفثا ؛

Pl. 8: al-Bīrūnī, Ms Topkapi 2047, P. 366

لى الآفاق من البلدان ويستعملونه الناس فيما يحتاجون اليه من منافع
الانسان ومنها ما اصحاب الفولاد فانهم يأخذون من قضبان الحديد ويجعلونه
في مسابك لهم مناسبة لما يقصدونه في معاملة الفولاد ويركبونها على
الاكوار ويطيلون عليها النفخ بالنار حتى يصير جوهره كالماء الجرار ويلقون عموده
بالاهلاج وبالزبيب والقلقطار حتى يظهر النور في النار ويتخلص من كثير
من مواده مبقوتات ليلك مدة الليل والنهار ولا يزالون يرقبونه
في دوراته بالحلاقات حتى يتبين لهم صلاحه لما يقتضي منه مصالحهم
فيصبونه من مجاري حتى يخرج كانه الماء الجاري فيجمدونه كالقضبان
او في حفر من طين محدودة كالبواطيخ الكبار ويخرجون منه الفولاد
المصفى كبيوض النعام ويعملون منها السيوف والجيد من اسنة
الرماح وسائر العدد وبالجملة اعلم ان الفولاد ما صنع من الحديد ٥
واصلب ومن اجل هذا صار في الحمى من الماء يشرب ولو انهم اعادوا
على الفولاد التسبيك بهذا العمل لبلغ به طريق للتصفية ٥
والتليين لظهر لهم جوهر في بياض ... لو انهم داوموا عليه العمل جيدا عينه
وسلكوا به ما لا يعرفونه من لوازم التليين لظهر لهم بياضه كالفضة
البيضاء على التعيين ولكن قد حجبهم الله عن ذلك الاستعداد
وجعله لاهل الحكمة الشريفة للصناعة مفتاحا جليلا لبلوغ المراد
وحيث قررنا لك هذا التقرير بالبرهان فنعود للطريق التعاليم في
تليينه وتعديله كابدان جوهرا ابيض محكما مستعملا بالحكمة في اعمال
الميزان ان شاء الله تعالى وبالله المستعان فصل اعلم يا اخي
ان مادة الرصاص الاسرب ومادة الحديد واحدة في البرد
واليبس وانما الاسرب على فجح لم ينعقد على استحكام واما الحديد

Pl. 7: Ms Chester Beatty 4121, fol. 2r

بسم الله الرحمن الرحيم وصلى الله على النبي

فصل اعلم ان الحديد منسوب للمريخ وقد جعل الله تعالى فيه القوة والباس الشديد وقد سلط عليه الماء القراح فيزيل عنه قوته ويفسد رونقه ويصديه ويضعفه ويذهب شرته ولا يستطيع ان يمانعه ولا يدافعه وكذلك كل ما يخالطه ويقاربه من الحوامض والاملاح والقوابض فتفسده وتنقله الى الفساد بعد الصلاح وهذا شان القدرة الالهية وتصريف الامر الجليل في تسليط البعوضة الضعيفة الحقيرة على الحيوان الكبير المعروف بالفيل واعلم ان الماء القراح لا يوثر شيئا في الرصاص الاسرب ولا في القصدير وانما يوثر في الحديد صاحب الباس الشديد ومع ذلك فان في تليين الحديد وازالة صلابته وحدة شعرته وتقليل قوته في ماء الحكمة آية من آيات الله تعالى وقدرته وفي تحقيق علم ذلك كل سر مفيد وكل خير مديد ومن اعظم الاسباب في تليينه استخراج خلاصته بسر التدبير واستخراج خالصه من اوساخه بتدبير معلوم وليس بالعسير وستذكر لك في ذلك من مضمون الحكمة ما تصل به ان شاء الله تعالى الى عزيز النعمة وبالله التوفيق فصل اعلم ان اصحابك ايها الاخ هم الذين يسبكون الحديد في المسابك المعروفة برسمه بعد ان يستخرجونه من معدنه ترابا اصفر يخالطه عروق الحديد التي لا تكاد ان تظهر فيجعلونه في المسابك المعدة لاذابته ويركبون عليها المنافخ القوية من ساير جهاتها بعد ان يلتون تلك الاتربة الحديدية بشي يسير من الزيت والقلي ويوقدون عليه بالجمر الاحطاب وينفخون عليه حتى يجدونه قد ذاب وتخلص جسمه وحسده من ذلك التراب ثم يستقطرونه من انخاشر كالمصافي في تلك الاكوار فيتخلص تلك الحديد المذاب ويصيرونه قضبانا من ذلك التراب ويحلونه

Pl. 6: al-Jildakī, Ms Chester Beatty 4121, fol. 1v

مدموه تعرف بالقالع لذلك في السيوف
ذكر الجواهر موضع اسود كالقطعه الخاليه
عن نقش اذا قلع اضر بالنصل فلهذا يترك
واذا كان نافذا من متن الى متن كان شرارهم
يتشائمون الا انهم يفصلونه في تصفح السيف
فان كان نحو طرفيه كان شومه على الخصم وان
كان نحو المقبض عاد الشوم على صاحبه ولعمر
بن علي الحداد الدمشقي كتاب في وصف
السيوف التي اشتملت رسالة الكندي على
اوصافها اسد العمل بنصاب الفولاد بصنعه
الكور وعمل البواتق ورسومها وصفة اطيانها
ثم امر ان يجعل في بوطقه خمسه ارطال من نعال
الدواب ومسامبرها المعموله من البرماهن ومن
كل واحد من الروسختج والمرقشيتا الهشته
وزن عشره دراهم ويطين البوادق وتودع الكور

Pl. 5: al-Bīrūnī, Ms Casiri 935, fol. 261r

ومما يبرد الحديد ان [illegible] التراب [illegible] وانه يحمى الدقيقا
الدهاني في المعينسا الحسنة [illegible] ويصل الواضح [illegible]
الكور ولا [illegible] وسحق عليها بالملح والروبية كل منعاج [illegible]
الى ان يذوب ويدور ويداعد له صورًا فيها اهليلج [illegible]
وملح الجص واصداف اللولو بالسوية مجرشة في صرة ارنعة
في كل [illegible] ثم سحق عليها ساعة سحقًا شديدا
بلا رحمة ثم تترك حتى تبرد وتخرج البيضات عن البواطن
وحدثني من كان بارض السند انه نظر الى حداد كان
يعمل السيوف فاملها فكان [illegible]
يذر عليه دواء [illegible] يضرب الى الحمرة [illegible]
بالتحريق ثم يخرجه ويطوله بالطرق ويعيد الذر [illegible]
قال وسالته عما هو فنظر الى نظر المستهزئ [illegible]
انه [illegible] يخرجه بالبرما [illegible] يعمل بالبيضات
في مراه بالادابه [illegible] الدمشقي في مثله [illegible]
في جوهر السيف انه يستحيل من نوع الى نوع [illegible]

Pl. 4: Ms Topkapi 2047, P. 372

وهو معول فيه
وذو النون الصمصامي وتحت الورود متبعه
ومعول المضا
وذو النون الصمصام صنو عمرو وهل تارز ذا الخرافات اني
وكان ذو الفقار لشبه من انحاج لصاحبها الى صلى الله عليه وسلم
واصطفاه لنفسه منهم سوى ذكر ما عدا هذه الانواع ولم يجد جيده والدر والورد
سمه كجوهره وكذلك ان في ذو اثر يتبين به وانقشا هداية كجوهر
يعرف بالقالع كذلك حب التشبيه للجواهر وصيقله دهانه بالنجم
الكاليه عن نقش اذا ملح احمر الغشي عليه انه يمكن تعليقه بامدار من الى
من كان في ... بيضاء مع ... يصلون في صقل السيف فان كان
يخوطر فيه وكذلك سوسه على الصمم كان كذلك يكون التصميم للجاد الشوم
على صاحبه ولم يدخل على الحديد المستقيم ... صقله
السوق الى اشتملت رسالة الكندي على الحدائد اتيا العمل ضرب
التي لاذ ... الصفو ... البوطق ... وصف الحدائد
وتعيينها ... [illegible] ... الجواب

Pl. 3: al-Bīrūnī, Ms Topkapi 2047, P. 371

Pl. 2: Ms Ayasofia 4832, fol. 170v

بسم الله الرحمن الرحيم وما توفيقي الا بالله العظيم

رسالة يعقوب بن اسحق الكندي الى بعض اخوانه في السيوف

[illegible]

Pl. 1: al-Kindī, Ms Ayasofia 4832, fol. 170r

Smith's *A History of Metallography* (Chicago: The University of Chicago Press, 1960). Curiously enough, Smith makes no mention of the work of Eilhard Wiedemann, who in Beiträge *XXIII* and *XXV* of *Aufsätze zur arabischen Wissenschaftsgeschichte* (Hildesheim – New York: Georg Olms Verlag, 1970) gives in German translation numerous passages from the Arabic material.

The famous travel account, *Riḥlat Ibn Baṭṭūṭa* (Beirut, Ṣādir, 1964), contains a remark by the author (p. 62) to the effect that when he stopped over in Beirut in 1355, iron was being exported from there to Egypt:

ثم سرنا الى مدينة بيروت .... ويجلب منها الى ديار مصر الفواكه والحديد

Da'ūd Ibn ᶜUmar al-Anṭākī (d. 1599) in his *Tadhkira* (Cairo, Ṣubyḥ edition, p. 111) defines iron and describes the manufacture of steel from soft (female) iron in crucibles. He states that iron originates from *Shām* (i. e. greater Syria), Persia, and Venice:

ويتولد بالشام وفارس والبندقية

In the eighteenth century (between 1792 and 1798), the German traveller, U. I. Seetzen, in his *Reisen* (Berlin, 1854), Bd, I, pp. 145, 188-191, reported the ferrous industry in the Lebanese mountains as still flourishing. Operations involving mining, smelting, and the fabrication of steel implements were in full swing.

In the nineteenth century, W. M. Thomson, who lived in Syria, refers in his book *The Land and the Book* (London, 1886) to iron in the Lebanese mountains and to iron ore mining and smelting, which operations were still going on in about 1834.

In 1921, I. M. Toll wrote a paper on the *Mineral Resources of Syria* (*Engineering and Mining Journal*, vol. 112, 1921, p. 846) with a map showing the iron ore deposits. He describes the quality of iron ores and the locations of iron ore mining which was still going on in some localities. He states, however, that smelting of iron came to an end in about 1870 due to scarcity of wood and fuel and the low price of imported iron.

9. *Concluding Remarks*

The selections presented above represent only a small portion of the Arabic sources bearing on the history of steel technology. Even so, they raise the question of how it came to be generally accepted that the role of Damascus was that of a commercial distribution center only.

The answer seems to be somewhat as follows. As the industrial revolution got underway early in the nineteenth century, European steel makers sought to emulate the quality of Damascus blades and that of the "wootz" steel then being imported into Britain from India. It was natural that their investigations should focus upon regions where the techniques were then known to be actively practised, especially India. Thus, Syria and other Islamic lands came to be ignored. The literature on the subject of Damask steel is considerable. The interested reader will find much of it referred to in Cyril S.

Translation:

> *Fūlādh* (steel) in its composition is of two types. Either all that is in the crucible, *nirmāhan* and its water, is melted equally so that they become united in the mixing operation and no component can be differentiated or seen independently, and such steel is suitable for files and similar tools (and one may imagine that *shāburqān* is of such type and of a natural quality suited to hardening); or the degree of melting of the contents of the crucible varies, and thus the intermixing between both components is not complete, and the two components are *shifted* (يتجاوز), and thus each of their two colours can be seen by the naked eye and it is called *firind.*

Al-Bīrūnī gives his definition of the two components of steel (which give rise to the *firind*) at the very beginning of the chapter on iron and he states:

ثم ينقسم النرماهن ... إلى ضربين أحدهما هو والآخر ماؤه السائل منه وقت الإذابة والتخليص من الحجارة ويسمى دوصاً وبالفارسية استه وبنواحي زابلستان رو لسرعة خروجه وسبقه الحديد في الجريان . وهو صلب أبيض يضرب إلى الفضية .

Translation:

> *Nirmāhan* is divided ... into two types. One is (*nirmāhan*) itself, and the other is its water which flows from it when it is melted and extracted from stones, and it is called *dōṣ*; in Persian it is called *astah*, and in the area of Zābilstān, *rō*, because of its speed of flow and because it overtakes iron when it is flowing. It is solid, white, and tends to be silvery.

8. *Iron Mines in the Lebanon and Anti-Lebanon Ranges*

The Geographer, Shams al-Dīn Abū ᶜAbd Allāh Muḥammad ibn abī Bakr al-Bannā al-Bashshārī al-Muqaddasī (d. c. 1000), in *Aḥsan al-taqāsīm fi maᶜrifat al-aqālīm* (Leiden: Brill, 1906; repr. Baghdad, Muthanna), p. 184, states that there were iron mines in the mountains of Beirut. Thus, when speaking about *Iqlīm al-Shām* (i. e. Syria) he states:

وبه معدن الحديد في جبال بيروت

In like manner, Abū ᶜAbd Allāh Muḥammad ibn ᶜAlī al-Idrīsī (d. c. 1160) in *Nuzhat al-Mushtāq fī Ikhtirāq al-Āfāq* (see Eilhard Wiedemann, *Aufsätze zur arabischen Wissenschaftsgeschichte,* vol. I, p. 740) reports that iron ore in large quantities was being mined in the vicinity of Beirut and transported to all parts of Syria.

From al-Kindī's treatise, we learn that the "Damask" pattern or *Firind* (الفرند) or *Jawhar* (الجوهر) is found in all manufactured steels. According to al-Kindī, swords made from natural steels (*Shāburqān*) have no pattern or "*firind*". When speaking about the firind of swords made from natural steel, al-Kindī states:

وهذه السيوف لا فرند لها في طرح ولا غيره وحديدها كله لون واحد

Translation:

> These swords show no firind when treated with *ṭarḥ* or when treated otherwise, and all their iron is one colour.

On the other hand, all swords made from manufactured steel show the "*firind*" in various degrees. Al-Kindī describes the "*firind*" of all types of manufactured steels. Thus, he discusses the *firind* of "modern" or "native" steels (المولدة) which include the native steel of Damascus. Thus, he says about the *firind* of Damascus swords:

وحديدها شبيه بالبيض إلاّ أنه مختلف الجوهر

Translation:

> Its steel is similar to white steel – *al bīḍ* – but with a different *jawhar*.

Al-Kindi gives us a detailed description of the "*firind*" or pattern of all types of manufactured steels and of swords produced in various localities in Islamic lands, and of Indian steels and swords.

Al-Bīrūnī in his above mentioned book (*al-Jamāhir*) gives a very interesting interpretation of the cause behind the formation of the *firind* or pattern in steels. It is due, in his opinion, to the incomplete mixing of two components of steel in the crucible: soft iron (*nirmāhan*) and its water (*dōṣ*):

وأما المركب من النرماهن ومن مائه وهو الذي يسبقه إلى السيلان عند التخليص فهو الفولاذ ...

Translation:

> As to (iron) which is made from *nirmāhan* and its water which flows before it when it gets rid (of its earth), it is called *fūlādh* (steel).

Then he states:

وحال الفولاذ في تركيبه على قسمين إما أن يذاب ما في البوطقة من النرماهن ومائه ذوباً سواء يتحدان به فلا يستبين أحدهما من الآخر ويستصلح للبارد وأمثالها – ومنه يسبق الى الوهم أن الشابرقان من هذا النوع وبصنعة طبيعية تقبل لها السقي – وإما أن يخلف ذوب ما في البوطقة فلا يكمل الامتزاج بينهما بل يتجاوز اجزاؤهما فيرى كل جزء من لونيهما على حدة عيانا ويسمى فرندا .

1954) by Abī al-Qāsim ᶜAlī ibn al-Ḥasan, known as Ibn ᶜAsākir (d. 1177), mentions (vol. 2, p. 58) the sites of iron foundries in Damascus.

6. *Distinction between Indian and Damascus Steels in Arabic Literature*

Zain al-Dīn al-Dimashqī al-Jaubarī (d. 1232) wrote his book *al-Mukhtār fī Kashf al-Asrār* (A Selective Book on Revealing Secrets, printed Damascus, 1302 H) as a guidebook on how to discover cheating methods adopted by various trades and crafts. Chapter eight is on "revealing secrets of people of war and war equipment". The following passage occurs (p. 61):

ولهم صفة سيف قاطع : يؤخذ فولاذ هندي أو دمشقي فيعمل منه سيف قوي الوسط رقيق الجوانب متساويا لا يكون موضع أقوى من موضع ثم يسقى من ذلك الماء المتقدم ذكره سابقاً فانه لا يقف قدامه شيء....

Translation:

> They have a prescription for a (good) cutting sword: Indian steel or *Damascus steel* is taken and a sword is made of these steels which is strong (thick) in the middle and thin at the edges, with an evenness such that no place is stronger (thicker) than the other. Then, if it is heat-treated with the abovemetioned water, nothing can oppose it . . . .

The passage below shows that the term "Damascus steel" was current among Syrians during the fourteenth century. The quotation is from Ḍiā' al-Dīn Muḥammad b. Muḥammad b. Aḥmad al-Qurashī, known as Ibn al-Uhkuwwa, (d. 1329) in *Maᶜālim al-qurba fī aḥkām al-ḥisba*, ed. Reuben Levy (Cambridge, 1938; repr. Baghdad: Muthanna), p. 224:

يُعرّف عليهم رجلاً ثقةً أميناً من أهل صناعتهم يمنعهم أن يخلطوا الأبر الفولاذية مع الارمهان لأنها إذا سنت جاز أن تختلط بالفولاذ الدمشقي بل يكون كل صنف منها على حدته ويحلف الصناع على ذلك .

Translation:

> An honest and trustworthy (individual) from among them (the artificers) is chosen (as inspector). He prevents (them) from mixing steel needles with (those made of) soft iron (*armahān* = Pers. *narmahān*, see Section 3 above), for, when sharpened, they may be taken for (those of) *Damascus steel.*

7. *The Firind or the "Damask" Pattern on Blades*

All Islamic swords that were made from what we call now "Damascus steel" showed the peculiar pattern that was referred to in Arabic literature as *firind* or "*jawhar*". The processes of producing steels in crucibles were practised in Islamic lands mostly from native iron ores. These processes were described by al-Bīrūnī, al-Ṭarsūsī, and several other writers.

> are sure of its suitability, and its lamp emits light. Thereupon, they pour it out through channels so that it comes out like running water. Then, they allow it to solidify in the shape of bars or in holes made of clay fashioned like large crucibles. They take out of them refined steel in the shape of ostrich eggs, and they make swords from it and helmets, lanceheads, and all tools.

Remarks

The various ingredients named in the description above deserve intensive investigation and comparison with analogous substances used in similar ancient and modern operations. Pending such study, it seems safe to state that the first process Jildakī describes is the production of pig iron, and the second that of cast steel from pig iron.

5. *Iron Foundries in Damascus in the Twelfth and Thirteenth Centuries*

Reference to iron foundries in Damascus in medieval times can be found in Arabic literature. Thus, in the book *Ṣubḥī al-aᶜshā* (Cairo: Ministry of Culture) by al-Qalqashandī (d. 1418), when discussing government departments in Damascus during the *Ayyūbid* dynasty (1171 – 1250), the following statement occurs (part 4, p. 188):

ومنها ... شدود صغار متعددة ... كشد المسابك من الحديد والنحاس والزجاج وغير ذلك .

Translation:

> Of these are several small military departments (*shudūd*) . . . . . such as the department of foundries (*shadd al-masābik*) for iron, copper, glass, and others.

Then, (on p. 190), al-Qalqashandī speaks about departments of the civil service in Damascus and states:

(ومنها) نظر المسابك ومتوليه يكون رفيقاً لشاد المسابك المتقدم ذكره في أرباب السيوف .

Translation:

> Of these is the department of foundries (*naẓar al-masābik*) and the executive in charge of this department is the counterpart of the officer in charge of the military department of foundries (*shadd al-masābik*) who was mentioned above when dealing with military officers (men of swords).

The *Tārikh Madīnat Dimashq* (Damascus: Arab Academy of Science,

عليها المنافخ القوية من ساير جهاتها بعد أن يلتون تلك الأتربة الحديدية بشيء يسير من الزيت والقلى ويوقدون عليه بالجمر والأحطاب وينفخون عليه حتّى يجدونه قد ذاب وتخلص جسمه وجسده من ذلك التراب ثم يستقطرونه من أنخاش كالمصافي في تلك الأكوار فيتخلص تلك الحديد المذاب ويصيرونه قضباناً من ذلك التراب ويحملونه الى الآفاق والبلدان ويستعملونه الناس فيما يحتاجون إليه من منافع الانسان .

وأما أصحاب الفولاذ فانهم ياخذون قضبان الحديد ويجعلونها في مسابك لهم مناسبة لما يقصدونه من معامل الفولاذ ويركبون عليه الأكوار ويطيلون عليه النفخ بالنار حتّى يصيرونه كالماء الحرار ويطاعمونه بالزجاج وبالزيت والقلى حتّى يظهر منه النور في النار ويتخلص من كثير من سواده بقوة السبك مدى الليل والنهار ولا يزالون يرتقبونه في دورانه بالعلامات حتّى يتبين لهم صلاحه ويضيء منه مصباحه فيصبونه من مجاري حتّى يخرج كأنه الماء الجاري فيجمدونه كالقضبان أو في حفر من طين مخدوم كالبواطق الكبار ويخرجون منه الفولاذ المصفى كبيوض النعام ويصنعون منها السيوف والخوذ وأسنة الرماح وساير العدد.

Translation:

Chapter: Learn, brother, that it is your comrades who found (from founding: *yaskubūn)* iron in foundries (especially) made for that purpose after they have extracted it (the ore) from its mine as yellow earth intermingled with barely visible veins of iron. They place it in founding furnaces designed for smelting it. They install powerful bellows on all sides of them after having kneaded *(yaluttūn)* a little oil and alkali[1] into the ore. Then fire is applied to it (the ore), together with cinders (الجمر) and wood. They blow upon it until it is molten, and its entire substance *(jismuhu wa jasaduhu)* is rid of that earth. Next, they cause it to drop through holes like (those of) strainers, (made in) the furnaces (أكوار) so that the molten iron is separated, and is made into bars from that soil. Then they transport it to far lands and countries. People use it for making utilitarian things of which they have need.

As for the steel workers, they take the iron bars and put them into founding-ovens (مسابك) which they have, suited to their objectives, in the steel works. They install firing equipment *(akwār)* into them (the ovens) and blow fire upon it (the iron) for a long while until it becomes like gurgling water. They nourish it with glass, oil, and alkali until light appears from it in the fire and it is purified of much of its blackness by intensive founding, night and day. They keep watching while it whirls for indications until they

1. See Onions, ed. *The Oxford Dictionary of English Etymology*, p. 25, calcined ashes of Salsola and Salicornia.

يجعل في كل بوطقة خمسة أرطال من نعال الدواب ومساميرها المعموله من النرماهن ومن كل واحد من الروسختج
والمرقشيثا الذهباني والمغنيسيا الهشة وزن عشرة دراهم ويطين البواطق وتودع الكور وتملأ فحماً وينفخ عليها
بالمنافخ الرومية كل منفاخ برجلين إلى أن تذوب وتدور وقد أعد له صرراً فيها اهليلج وقشر رمان وملح
العجين وأصداف اللولو بالسوية مجرشة في كل صرة أربعين درهماً يلقى في كل بوطقة واحدة ثم ينفخ عليها
ساعة نفخاً شديداً بلا رحمة ثم تترك حتى تبرد وتخرج البيضات عن البواطق .

Translation:

Mazyad b. ᶜAlī, the Damascene blacksmith, (wrote) a book describing swords, specifications of which were included in al-Kindī's treatise. He commenced by dealing with the steel composition and the construction of the furnace (*kūr*) as well as with the construction and design of crucibles, the description of (the varieties) of clay, and how to distinguish between them. Then he instructed that in each crucible five *raṭls* of horseshoes should be placed, and their nails, which are made of *narmāhan* (*Pers.* soft iron), as well as a weight of ten *dirhams* each of *rūsukhtaj* (روسختج); golden marcasite stone, (المرقشيثا الذهباني) , and brittle magnesia. The crucibles are plastered with clay and placed inside the furnace *(kūr)*. They are filled with charcoal and they (the crucibles) are blown upon with *rūmī* bellows, each having two operators, until it (the iron) melts and whirls. Bundles (صرر) are added containing *ihlīlaj* (myrobalan), pomegranate rinds, salt (used in) dough, and oyster shells (أصداف اللؤلؤ , *aṣdāf al-lū'lū'*, lit. pearl shells), in equal portions, and crushed, each bundle weighing forty *dirhams*. One (bundle) is thrown into each crucible; then it (the crucible) is blown upon violently for an hour. Next, they (the crucibles) are left to cool, and the eggs are taken from the crucibles.

4. *al-Jildakī (commenting on Jābir ibn Ḥayyān) Discusses Cast Iron and Cast Stee*

It was found that Ms. no. 4121 of the Chester Beatty Library, which is listed as *Kiṭāb al-Ḥadīd* (The Book of Iron) of Jābir ibn Ḥayyān, is most probably a commentary of al-Jildakī (fl. c. 1339 – 42) on Jabir's book. The following text from this Ms. is of great significance for the history of metallurgy:

فصل : اعلم أن اصحابك أيها الأخ هم الذين يسبكون الحديد في المسابك المعمولة برسمه بعد أن يستخرجونه
من معدنه تراباً أصفر يخالطه عروق الحديد التي لا تكاد أن تظهر فيجعلونه في المسابك المعدة لإذابته ويركبون

and the *Persian* (الفارسية), the steel of which is brought from Sarandīb but forged in Persia. A special kind of these (last) Persian swords is the *Khasrawāniyah* (الخسروانية). White or *al-bīḍ* swords are divided into two types: one type are *Kūfic* swords, which were forged in Kūfa in the early days of Kūfa, and these are called (also) *Zaydiya* (الزيدية); they were forged by a man called Zayd, and hence they were attributed to his name; the other type is the *Persian*.

Native or modern swords:

وأما المولدة فتنقسم خمسة أقسام . منها الخراسانية وهي ما عمل حديده وطبع بخراسان . ومنها البصرية وهي ما عمل حديده وطبع بالبصرة . ومنها الدمشقية وهي ما عمل حديده وطبع بدمشق قديماً. ومنها المصرية وهي ما طبع بمصر . وقد يطبع في مواضع غير هذه كالبغدادية والكوفية وغير ذلك من المواضع القليلة ولا تنسب اليها لقلتها .

فهذه جميع أصناف السيوف المذكورة من الحديد المعمول أعني الفولاذ .

Translation:

As for those modern or native swords (المولدة), they fall into five kinds. Of these are the *Khurasāniya*, the iron which is produced and forged in Khurāsān; the *Baṣriya*, the iron of which is produced and forged at Baṣra; the *Damascene*, the iron of which is produced and forged at Damascus; the *Egyptian*, which is forged in Egypt. Swords in this category may be forged in other places like those of Baghdad, of Kūfa, and a few other places. Swords are not attributed to such places because of their scarcity.

These are all the types of swords which are made from manufactured iron, I mean from steel.

3. *Al-Bīrūnī on Damascus Crucible Steel*

The next passage is from a book entitled *al-Jamāhir fī maᶜrifat al-jawāhir* (A Compendium of Jewel Lore) written by the celebrated savant of Central Asia, Abū'l-Rayḥān al-Bīrūnī (973 – 1048). Two main manuscripts were consulted. The first is Ms. Topkapi 2047 from Istanbul, and the other is Ms. Casiri 905 from the Escorial. Similarly, the book printed in Ḥyderabād was also consulted (*Kitāb al-Jamāhir*, edited by E. Krenkow, Ḥyderabād, 1936/37).

<ولمزيد بن علي> (١) الحداد الدمشقي كتاب في وصف السيوف التي اشتملت رسالة الكندي على أوصافها . ابتدأ العمل بنصاب الفولاذ وصنعة الكور وعمل البواطق ورسومها وصنعة أطيانها وتعبيتها ثم أمر أن

(1) Ḥyderabād edition : (ولم يدين), which is an error copied from. Ms. Casiri 905.

Translation:

The "antique" are divided into three kinds. The first and best in quality of all is the Yemenite; the second is the Qal^cy[1] (القلعي); and the third is the Indian.

Non-antique, non-modern swords:

وأما التي ليست بعتيقة ولا محدثة فتنقسم قسمين أحدهما المسمى عند الصياقلة غير مولد وهي سيوف تطبع باليمن من الحديد البيلماني والسرنديبي فيقال غير مولد البيلماني وغير مولد السرنديبي . . . . والقسم الآخر المسمى غير عتيق وهي البيلمانية والسرنديبية والبيض . والبيلمانية تنقسم أربعة أقسام منها البهانج وهي سيوف عراض . . . . . ومنها الرثوث . . . . ومنها الصغار . . . . ومنها ما طبع بتلمان . والسرنديبية تنقسم أربعة أقسام منها ما يقال له الني وهي ما طبع بسرنديب ، ومنها الخراسانية وهي ما حمل حديده من سرنديب وطبع بخراسان ، ومنها المنصورية وهي ما حمل حديده من سرنديب وطبع بالمنصورة ، ومنها الفارسية وهو ما حمل حديده من سرنديب وطبع بفارس سيما الخسروانية ..... والبيض تنقسم بقسمين منها الكوفية طبعت بالكوفة في أول زمن الكوفة وهي المسماة الزيدية طبعها رجل يقال له زيد فنسبت اليه ، ومنها الفارسية .

Translation:

Those which are non-antique, non-modern are divided into two divisions. The first division is called by sword-makers *non-modern* (or foreign), (غير مولدة). These swords are forged in Yemen from the steel of Baylamān[2] or the steel of Sarandīb (Ceylon). Thus, it is said: non-modern Baylamān swords, and non-modern Sarandīb swords . . . .

The second division is called *non-antique*. These are: Baylamān; Sarandīb; and *al-bīḍ* (white) swords. Baylamān swords are divided into four types: the *bahānij* (البهانج) which are wide swords . . ., the *ruthūth* (الرثوث) . . . , the "*small*" . . . . , and those which were forged in *Tilmān*. Sarandīb or Ceylon swords are divided into four types: al-*Nayy* (الني), which are forged in Sarandīb; the *Khurasāniya* (الخراسانية), the steel of which is brought from Sarandīb but forged in Khurasān; the *Manṣūriya* (المنصورية), the steel of which is brought from Sarandīb but forged in Manṣūra;

(1) This steel is referred to "Qal^ca", a place which is difficult to locate. Some sources of Arabic literature assume that it was in Arabia; other sources assume that it was in Syria; while others assume it was in North India, or in the Indian Ocean, and so on.

(2) Hammer-Purgstall (*op. cit.*) quotes this as Selmān (سلمان). According to Ms. A. S. 4832, this is more likely to be Baylamān (بيلمان). According to Yāqūt, *Mu^cjam al-Buldān*, it is either in Yemen or in North India (Yāqūt, Ṣāder Edition, Beirut, Vol. I, p. 534).

Three main qualities of steel:

وهذا الفولاذ ينقسم إلى ثلاثة أقسام الى العتيق والمحدث وإلى لا عتيق ولا محدث وقد يطبع من هذه جميعاً السيوف . فأنواع السيوف الفولاذية ثلاثة : عتيق ومحدث ولا عتيق ولا محدث .

Translation:

This steel is divided into three divisions: the antique(العتيق), the modern (المحدث), and the non-antique, non-modern. Swords may be forged from all these steels. Thus, there are three kinds of swords: the antique, the modern, and the non-antique, non-modern.

"Antique" means top quality steel:

ولم تذهب من عتقها إلى الزمان . . . . بل إنما تذهب من عتقها إلى الكرم كما يقال فرس عتيق يراد به كريم . فما لحقته خواص الكرم فهو عتيق في أي دهر طبع . والطرف الأبعد من العتيق هو ضده في المعنى أعني ما عدم خواص العتيق فلذلك سمي بضد اسمه أعني محدث وإن كان قد طبع قبل زمن عاد . وأما الآخذة بعض خواص العتيق وحارمة بعض خواصه فهي التي وجد فيها بعض خواص المحدث فسميت ايضاً باسم متوسط بين الاسمين فقيل ليس بعتيق ولا محدث وان كان متقادم الزمان أو حديثه . فاختص الصياقلة لها إسم لا عتيق في بعضها ولا محدث في بعضها .

Translation:

"Antique" is not related to time (or age) ..... but it indicates the noble or the generous qualities, as when it is said "an antique horse" meaning a noble horse (of good breed). That (sword) which has the noble qualities is "antique", no matter in which age it was forged. At the extreme end of the "antique" is its opposite in meaning, I mean that (sword) which is deprived of the qualities of the "antique". That is why it was given an opposite name, i. e. modern, even if was forged before the time of ʿĀd. Those (swords) which have some qualities of the "antique", but which are deprived of some of its qualities, are the swords which exhibit some of the qualities of the "modern". Therefore, these swords are given a name in the middle between both, and they are classified as non-antique, non-modern even if they are forged in ancient or modern times. Sword-makers called some of these swords "non-antique", and called some others "non-modern".

Three kinds of "antique" or quality swords:

فالعتيق ينقسم ثلاثة اقسام أولها وأجودها اليماني ثم ثانيها القلعي ثم ثالثها الهندي .

The passages below have been excerpted from this treatise:[1]

Natural and not-natural iron:

اعلم أن الحديد الذي تطبع منه السيوف ينقسم قسمين أولين : إلى المعدني والذي ليس بمعدني . والمعدني ينقسم قسمين : إلى الشابرقان وهو المذكر الصلب القابل للسقي بطباعه . وإلى النرماهن وهو المؤنث الرخو الذي ليس بقابل للسقي بطباعه . وقد يطبع من كل واحد من هذا الحديد مفرداً ومنهما معاً مركبين . فجميع أنواع السيوف المعدنية ثلاثة الشابرقانية والنرماهنية والمركبة منهما .

Translation:

Learn that iron from which swords are forged is divided into two primary or main divisions: natural (as mined) and not-natural (i. e. manufactured). Natural iron is divided into two divisions: *shābūrqān* (الشابورقان), and it is the male, hard iron which can be heat-treated (قابل السقي) by its nature, and *narmāhin (narm-āhin)*, which is the female soft iron which cannot be heat-treated by its nature. [Swords] can be forged from either of these two kinds or from both combined. Thus, all kinds of swords made of natural iron fall into three kinds: *shāburqānī*, *narmahānī*, and those made of a combination of both.

Not-natural iron or steel:

فأما الحديد الذي ليس بمعدني فهو الفولاذ ومعناه المصفا . ويصنع من المعدني بأن يلقى عليه في السبك شيء يصفيه ويشد رخاوته حتى يصير متيناً لدناً يقبل السقي ويظهر فيه فرنده .

Translation:

Iron which is not natural is steel or *fūlādh* (الفولاذ). It means the refined or purified (المصفى). It is made of natural iron by adding to it while smelting some (ingredients) for purifying it, and for decreasing its softness, until it becomes strong, flexible, susceptible to heat treatment, and until its *firind* (فرند) appears.

(1) These passages are based mainly on Ms. Ayasofya 4832 fols. 170-172. See also:

ʿAbdul Raḥmān Zakī, *al-Suyūf wa Ajnāsuhā*, an edited Arabic text, *Faculty of Arts Journal*, vol. 14, part 2, Cairo, 1952.

Hammer - Purgstall, Baron de, "Sur les Lames des Orientaux", *Journal Asiatique*, *Ve Serie*, tome III, pp. 66 - 80, Paris, 1854.

Iron and Steel Technology in Medieval Arabic Sources

A. Y. AL-HASSAN*

1. *Introduction*

The main function of this paper is to make available to historians generally a selected number of passages in Arabic medieval literature (some of which were hitherto unpublished) which bear upon ferrous technology. There are other numerous sources which are not cited here. Thus, this paper is not exhaustive in this respect.

For each source, the Arabic text is presented, each followed by an English translation and such technical inferences as seem immediately available. Where it seems useful, facsimiles of the manuscript texts are presented.

Thus, Section 2 below quotes al-Kindī on the location of steel centers, and Section 3 gives al-Bīrūnī's description of Damascene crucible steel production. The following section from al-Jildakī describes what seems to be the production of pig iron and cast steel, and so on.

The review of sources concludes with Section 7. No attempt is made to draw general conclusions, except that the evidence adduced seems ample to demolish the very commonly held notion that Damascene steel was produced only or mainly from Indian wootz steel, or that Damascus was not a center for producing steel. Section 8 locates iron mines in the Damascus region, and documents the persistence of the ferrous industry there down to modern times.

2. *Al-Kindī on Sources and Centers of Production*

Among the extant works of Abū Yūsuf b. Isḥāq al-Kindī (fl. 850), "the philosopher of the Arabs", is "A Treatise (Addressed) to Some of His Brethren Concerning Swords" *(Risāla ilā baᶜḍ ikhwānihi fī'l-Suyūf)*. The treatise contains much useful technological information. But we shall be content in this paper to give al-Kindī's classification of the various kinds of iron and steel from which swords were being made.

* University of Aleppo, Aleppo, Syria.

This paper is based (with modifications) on an Arabic paper by the author, published in the *Proceedings of the Thirteenth Science Week*, Damascus, 1972.

21. F. Buchanan, *A Journey from Madras through the countries of Mysore, Canara and Calabar* (London, 1807).

22. B. Heyne, "A brief report of the manner used by the natives of the Northern Circars", *Oriental Repertory*, 2 (1808), 485.

23. J. M. Heath, "On Indian Iron and Steel", *Journal of the Royal Asiatic Society for Great Britain and Ireland*, 5 (1839), 390.

24. C. von Schwartz, "Ueber Eisen - und Stahlindustrie Ostindiens", *Stahl und Eisen*, 21 (1901), 209.

25. V. S. Sambasiva Iyer, *Iron Smelting in Mysore* (Madras, 1903), 6.

Bibliography

1. J. Piaskowski, "Damascus Steel - The Greatest Achievement of Early Metallurgy", *Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science*, 1976, Aleppo.

2. A. Y. al-Hassan, See Article in this issue of the *JHAS*.

3. J. Piaskowski, *O stali damascenskiej* (On Damascus Steel), (Wroclaw-Warszawa, 1974).

4. N. T. Bielajev, "Damast: seine Struktur und Eigenschaften", *Metallurgie*, 8 (1911), 669.

5. N. T. Bielajev, "Damascus Steel", *Journal of the Iron and Steel Institute*, 104 (1921), 181.

6. N. T. Bielajev, "O bulate i charaluge", *Recueil d'études dédiées à la mémoire de N. F. Kondakov*, (Praha, 1936), 155.

7. G. Pearson, "Experiments and observations to investigate the nature of a kind of steel, manufactured at Bombay and there called Wootz", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 85 (1795), 332.

8. D. Mushet, "Experiments on Wootz", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 95 (1804), 163.

9. M. Faraday, "An Analysis of Wootz or Indian Steel", *Royal Institution of Great Britain*, 7 (1819), 228.

10. H. de Luynes, *Mémoire sur la fabrication de l'acier fondu et damassé*, (Paris, 1844), 4.

11. T. H. Henry, "On the composition of wootz or Indian Steel", *London, Edinburgh and Dublin, Philosophical Magazine and Journal of Science*, 4 (1854), 42.

12. M. Bouis, "Etude sur le fer et les aciers", *Comptes Rendus*, 52 (1861), 1196.

13. B. Zschokke, "Du damassé et des lames de Damas", *Revue de Métallurgie, Mémoires*, 21 (1924), 635.

14. J. Piaskowski, "Dawna stal 'damascenska' (bulat) w swietle nowoczesnego metaloznawstwa" (Damascus steel in the light of modern metallography), *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki* 3 (1966), 241.

15. H. Maryon, "The Damascene Process", *Studies in Conservation*, 5 (1960), 52.

16. C. Panseri, "L'aciaio di Damasco nella leggenda e nella realta", *Armi Antiche*, (1962), 3.

17. J. Piaskowski, "Klasyfikacja struktury wtraceń żużla i jej zastosowanie dla określenia pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych" (Classification of the slag inclusions structure and its application for determining the origin of early iron objects). *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej*, 4 (1967), 61.

18. J. Barker, "Method of renewing the Goshare, or flowery grain of Persian swords commonly called Damascus blades", *Funkgruben des Orients*, 5 (1916), 46.

19. Massalski, "Izgotovlenie bulata po sposobu upotrebjajememu persjanam", *Gornyj Źurnal*, 1841, No. 11-12, 233.

20. J. Abbott, "Process of working the Damascus blade of Goojrat", *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, 16 (1947, 417.

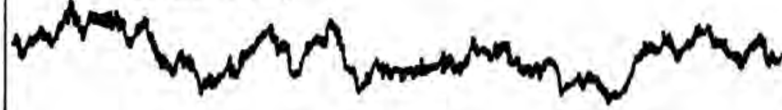
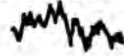





Fig. 80.

Distribution of Co in the edge of Blade 2.



Fig. 29

Distribution of As in the back of Blade I near the nonmetallic inclusion.

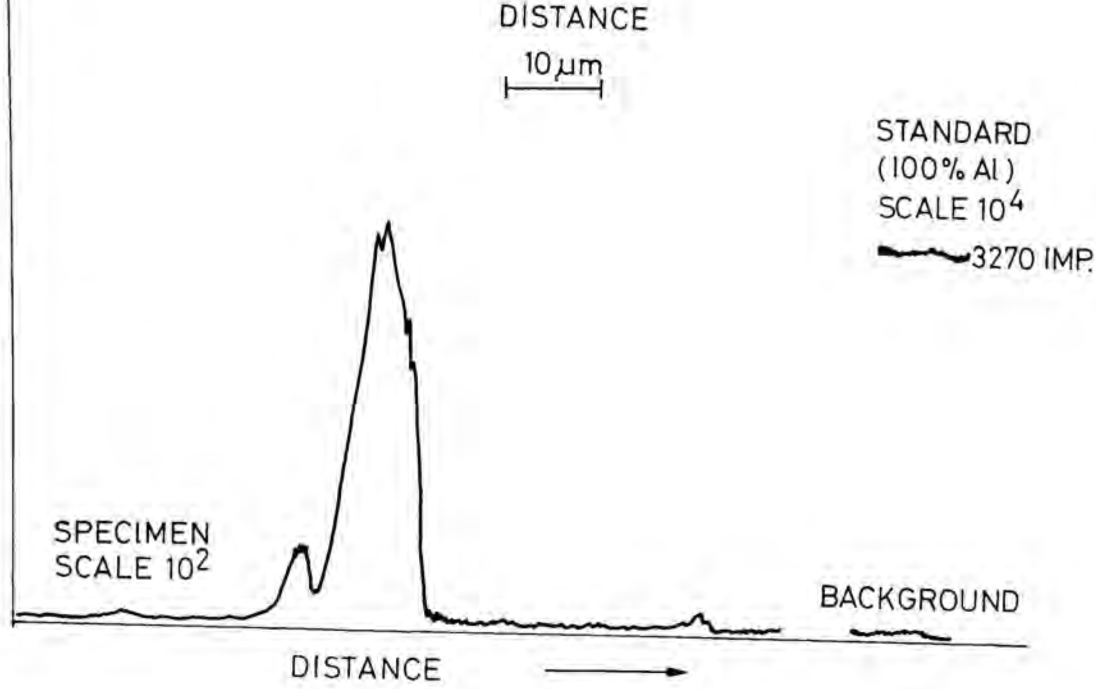


Fig. 28.

Distribution of Ca in the back of Blade 1 near the non-metallic inclusion.

Fig. 27.

Distribution of Al in the back of Blade 1 near the non-metallic inclusion

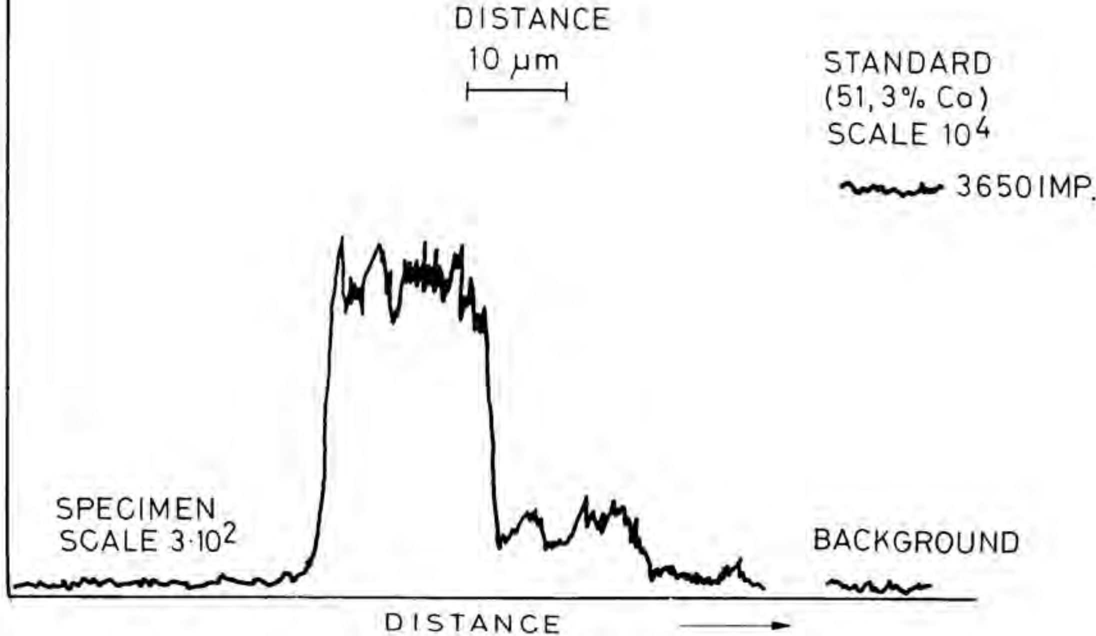
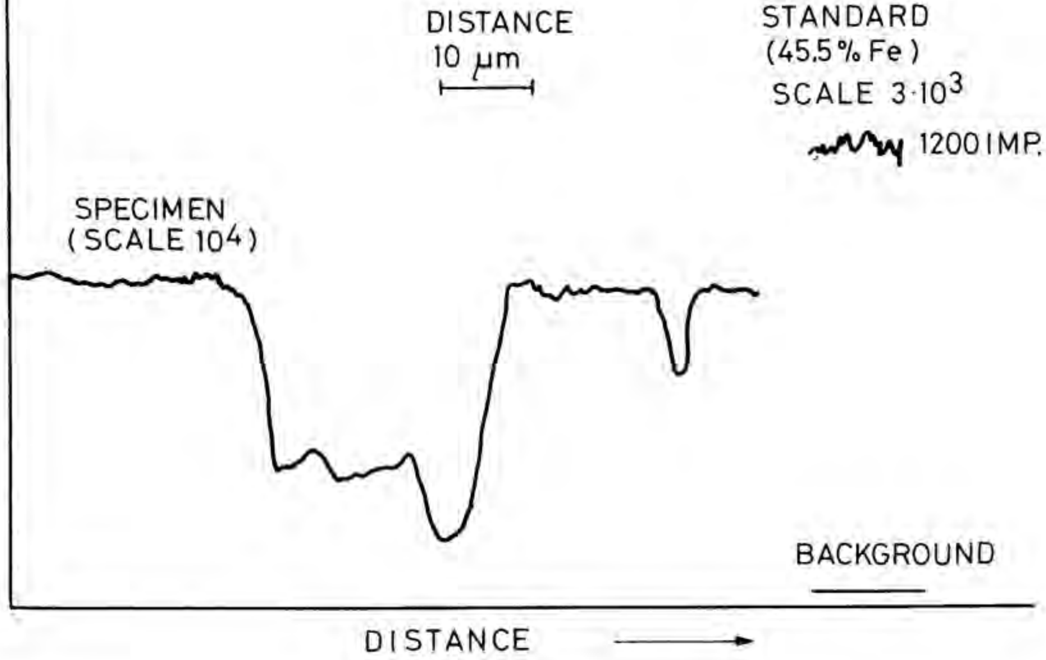


Fig. 26.

Distribution of Fe in the back of Blade 1 near the non-metallic inclusion.



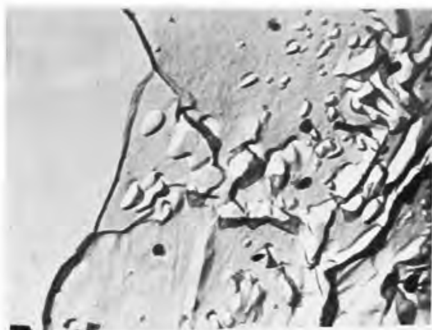


Fig. 24.

Structure of Blade 1 under the electron microscope. Replica sprinkled with Cr and C.

× 30 000.



Fig. 25.

Structure of Blade 2 under the electron microscope. Replica sprinkled with Cr and C.

× 10 000.

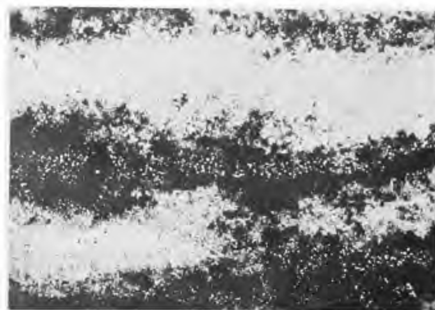


Fig. 21.

Distribution of phosphorus in Blade 2 Etching with Oberhoffer's reagent. × 100.

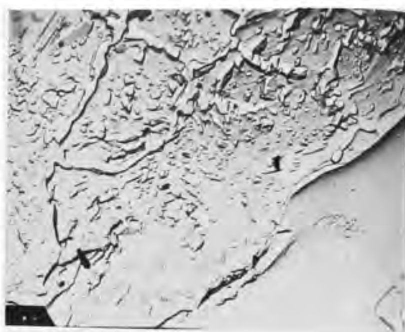


Fig. 22.

Structure of Blade 1 under the electron microscope. Replica sprinkled with Cr and C. × 15 000.

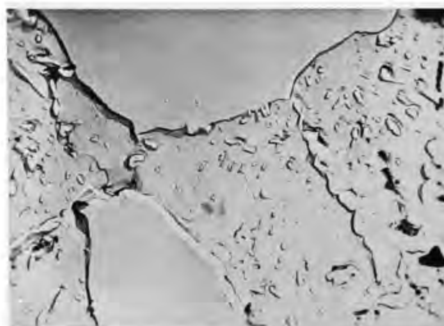


Fig. 23.

Structure of Blade 1 under the electron microscope. Replica sprinkled with Cr and C. × 15 000.



Fig. 18.

Structure of Blade 2 at the back part near the non-metallic inclusion. Nital etching. × 100.



Fig. 19.

Structure of Blade 2 at the back part near the non-metallic inclusion. Nital etching. × 500.



Fig. 20.

Distribution of phosphorus on the cross-section of Blade 1. Etching with Oberhoffer's reagent. × 8.

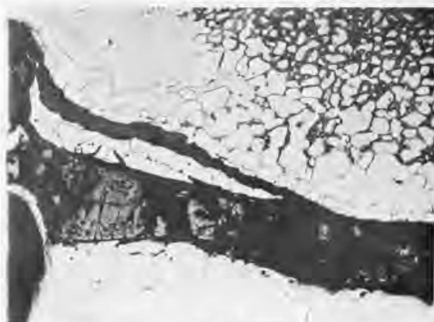


Fig. 12.
Structure of Blade 1 at the back near the non-metallic inclusion (as in Fig. 2). Nital etching. × 125.



Fig. 13.
Structure of Blade 1 at the back near the end of the non-metallic inclusion. Nital etching. × 125.



Fig. 14.
Distribution of phosphorus in Blade 1. Etching with Oberhoffer's reagent. × 125.

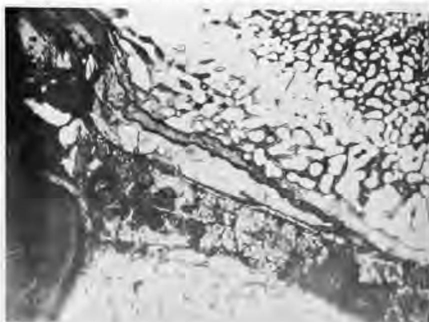


Fig. 15.
Distribution of phosphorus in the back part of Blade 1 near the non-metallic inclusion. Etching with Oberhoffer's reagent. × 125.

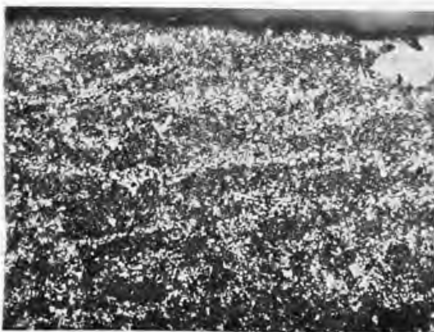


Fig. 16.
Structure of Blade 2 near the surface. Nital etching. × 100.

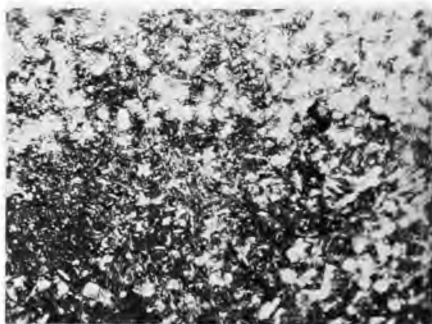


Fig. 17.
Structure of Blade 2 under large magnification. Nital etching. × 500.



Fig. 6.

Distribution of carbides in Blade 1. Nital etching. × 25.



Fig. 7.

Structure of Blade 1 Nital etching. × 100.

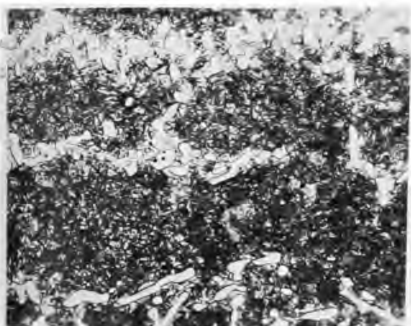


Fig. 8.

Structure of Blade 1 under large magnification.
Nital etching. × 500.

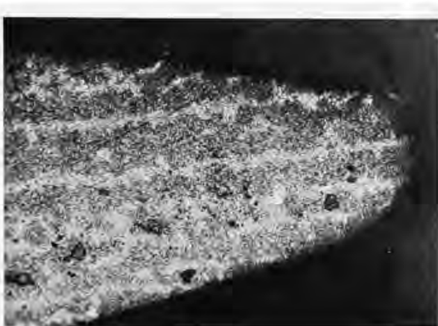


Fig. 9.

Structure of Blade 1 near the cutting edge.
Nital etching. × 100.

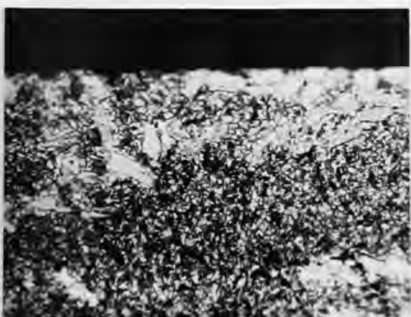


Fig. 10.

Structure of Blade 1 near the surface.

Nital etching. × 500.



Fig. 11.

Structure of Blade 1 near the slag inclusion under large magnification. Nital etching. × 500.

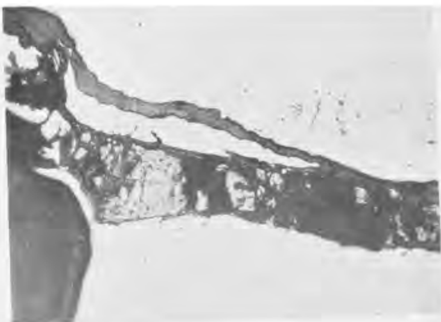


Fig. 3.

Slag inclusions in Blade 1. No etching. × 100.



Fig. 4.

Beginning of the large non-metallic inclusion near the back surface of Blade 1. No etching. × 125.



Fig. 5.

Structure of the back part of Blade 1. Nital etching. × 10.

Fig. 1.

Fragment of Blade 1 after surface etching.





Fig. 2.

Fragment of Blade 2 after surface etching.

Table 6

Results of the X-ray examinations of the blades and determination of the crystal structure constituents

Investigated blade	Number of the line	Brag's angle		Intensity	Interplaner spacing A°	Identified line of constituent	
		2θ	θ			Fe α	Fe_3C
1	1	44.2	22.1	traces	2.38		+
	2	47.5	23.75	traces	2.22		+
	3	50.5	25.25	traces	2.09		+
	4	52.4	26.20	10	2.02	+	
	5	54.0	27.00	traces	1.97		+
	6	58.0	29.00	traces	1.84		+
	7	65.0	32.50	traces	1.66		+
	8	70.0	35.00	traces	1.56		+
	9	75.0	37.50	traces	1.47		+
	10	78.0	39.00	5	1.42	+	
	11	101.0	50.50	7	1.16	+	
	12	125.0	62.50	4	1.01	+	
2	1	44.5	22.25	traces	2.36		+
	2	48.0	24.00	traces	2.20		+
	3	50.8	25.40	traces	2.08		+
	4	52.4	26.20	10	2.02	+	
	5	58.0	29.00	traces	1.84		+
	6	62.0	31.00	traces	1.73		+
	7	65.0	32.50	traces	1.66		+
	8	70.0	35.00	traces	1.56		+
	9	78.0	39.00	5	1.42	+	
	10	101.0	50.50	6	1.16	+	
	11	125.0	62.50	4	1.01	+	

Table 4

Results of microhardness measurements of structural components of investigated blades

Investigated blade	Part of the blade	Structural components	Microhardness Kg/mm²
1	Edge	sorbite cementite	430 *
	Middle part	sorbite cementite	416.5 1518
	Back	sorbite cementite ferrite	414 1506 227
2	Edge	sorbite cementite	408 *
	Middle part	sorbite cementite	406 *
	Back	sorbite cementite ferrite	406 * 201

* The small dimensions of the particles do not allow measurement.

Table 5

Results of Vickers hardness measurements of investigated blades

Investigated blade	Measurement No.	Vickers hardness Kg/mm²
1	1	348
	2	348
	3	348
	mean	348
2	1	366
	2	366
	3	366
	mean	366

Table 3

Results of quantitative and qualitative (spectrographic) analysis of investigated blades

Investigated blade	Content, %				Qualitative analysis*																
	Mn	P	Ni	Cu	Ag	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Mg	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
1	0.015	0.206	0.016	0.056		+					+	+		+	+				+	+	
2	0.14	0.05	0.008	0.041		+					+	+		+	+				+	+	

* Also Fe, Si, Mn, P, S which are always present in bloomery iron

Table 2

The results of the mechanical properties of the blades of Damascene steel (examinations of B. Zschokke)

Investigated blade	Measurement No.	Bending strength Kg/mm^2	Deflection mm	Bending work Kg m	Bending angle	Brinell Hardness Kg/mm^2
Sword 7	1	138	8.5	0.99	25°	228
	2	132	7.4	0.79	24°	215
	3	131	9.0	1.03	32°	205
	mean	134	8.3	0.94	27°	216
Sword 8	1	152	20.8	3.04	78°	247
	2	164	13.1	1.94	48°	229
	3	144	13.4	1.64	52°	223
	mean	153	15.8	2.21	49°	233
Sword 9	1	121	6.5	0.68	24°	202
	2	106	5.5	0.61	18°	173
	3	117	4.6	0.46	14°	204
	mean	115	5,5	0.55	19°	193
Sword 10	1	154.5	4.8	0.56	15°	262
	2	144.0	5.9	0.73	21°	238
	3	135.5	5.2	0.59	16°	245
	mean	145	5.3	0.63	17°	248

Table 1

Chemical composition of the blades of Damascene steel thus far investigated

Investigated blade	Content, %					Author
	C	Si	Mn	P	S	
Persian blade	1.49	0.005	0.08	0.10	0.05	N. T. Bielajev
Indian blade	1.60					«
Dagger 3	1.677	0.015	0.056	0.086	0.007	B. Zschokke
Dagger 5	1.575	0.011	0.030	1.004	0.018	«
Sword 7	1.874	0.049	0.005	0.127	0.013	«
Sword 8	0.596	0.119	0.150	0.252	0.032	«
Sword 9	1.342	0.062	0.019	0.182	0.008	«
Sword 10	1.726	0.062	0.028	0.172	0.020	«
Sword 1	1.67	0.027	traces	0.087	0.007*	C. Panseri
Sword 2	1.42	0.11	0.13	0.035	0.038	«

* Moreover, traces of Ni, Cr.

surface. They remained in the shrinkage cavity formed in the upper part of the steel ingot during its solidification. This was noted by J. Abbott and marked in the respective drawing [20].

The presence of a shrinkage cavity was unavoidable, and was the very reason why the steel ingots were forged in a special way so that the upper part of the ingot always formed the back of the sword. In this way, the shrinkage cavity had no adverse effect on the properties and appearance of the blade's surface. Hence the residuals from the shrinkage cavity are often visible at the backs of Damascene swords. They also remain in the structure in the form of non-metallic inclusions.

Examinations of Blades 1 and 2 yield important information on the technological process of manufacturing Damascene swords. They also provide some additional data on the structure and properties of these celebrated weapons.

although they seem to have been present in each case. Thus it has been observed that in the back parts of Damascene swords there appear quite often oblong, dark marks which are residuals of the inclusions gathered in the upper part of the steel ingots. J. Abbott [20], who observed the process of forging Damascene swords in Jullalabad, stated that the back of the sword was always formed of the upper part of the ingot.

Hence it can be assumed that the non-metallic inclusions which appeared in the back part of the blades were formed in the upper part of the steel ingot when it was melted in a crucible.

Undoubtedly, the same technique of forging the steel ingots was used in other territories including the Arabic countries of the Near East. Reference was made here to the observations of J. Abbott made in Jullalabad only because it has been so far the only publication where the process of forging steel ingots was described with full particulars.

For the same reason, in describing the process of smelting Damascene steel and the formation of the shrinkage cavity in the ingot , the author used detailed descriptions published by travellers in India and Persia in the 19th century, in spite of the fact that this grade of steel, as proved in this issue of the *Journal* by Prof. Dr. Ahmad Y. al-Hassan, was also smelted in Arabic countries, and in the countries of the Near East.

On the basis of the well-known treatise of Bīrūnī, it can be stated that the process of smelting Damascene steel was similar in those countries.

From the descriptions of travellers in India in the 19th century, it is learned that the surface of the iron objects placed in a crucible for melting was covered with pieces of wood and with leaves. According to F. Buchanan [21], these were branches of the Tayngada tree *(Cassia auriculata)* and the leaves of the *Ruginay* or *Ipomea*. B. Heyne [22] observed that, apart from dry branches of *Cassia auriculata* ("Tanged"), fresh branches of *Convolvulus laurifolius* ("Vonangada") were also placed in the crucible. This was confirmed by J. M. Heath [23], who added that sometimes the leaves of *Asclepias gigantea* were used instead of those of *Convolvulus laurifolius*. C. von Schwartz [24] states that the leaves of *Calotropis gigantea* were also used.

V. S. Sambasiva Iyer [25] observed that pieces of "Tangadichekke" wood were also placed in the crucible.

The effect of these types of additives has not yet been explained. Additional carburization of metal was assumed to be achieved in this way. However, metallographic examinations of Blades 1 and 2 lead to the supposition that the effect of organic matter was quite the opposite, and that its presence resulted in a local decarburization. The oxides, bloomery slag particles, and the like, which flowed out of the metal's interior, gathered near the ingot

Discussion of the Results Obtained

Both the blades examined were forged of the hard Damascene steel containing about 1.5% C. They differ to some extent in the content of phosphorus; in Blade 1 the content of this element was slightly higher (0.206% P) than in Blade 2 (0.05% P). The amounts of other elements, like manganese, nickel, and copper, are very low and have almost no effect on the metallic properties.

Both blades are characterized by a structure typical of the hard variety of Damascene steel, composed of strips of spheroidal cementite (Fe_3C) in a sorbitic matrix.

Strips of carbides are visible to the naked eye on the blades' surfaces and appear in the form of light-coloured bands typical of the "Damascus" pattern, whereas the dark background of this pattern forms a sorbitic matrix.

The structure of both blades is very uniform along the whole of the cross-section. The measurements of hardness showed identical values for each of the swords which, in turn, points to the fact that the blades were subjected to quenching and tempering, according to the descriptions by J. Barker [18] and Massalski [19], who travelled in the Near East.

In Blade 2 the strips of carbides (cementite) are thinner and the grains finer than in Blade 1. This gives a more sophisticated pattern on the surface of the blade (light strips are thinner).

A very interesting phenomenon is the presence of slag inclusions in Sword 1 (but not 2) typical of bloomery iron. Indeed, wrought iron used in the process of manufacturing Damascene steel was smelted in a bloomery process [29] which resulted in the presence of numerous slag inclusions, typical of this metal. However, when melting the rods of wrought iron in a crucible to obtain the steel ingots, the inclusions would flow out to the surface of the metal.

The presence of these inclusions in Blade 1 proves that either the metal, of which the blade was made, was not completely melted in a crucible, or the temperature of superheating over the melting point was too low to provide a movement of the slag inclusions towards the surface of the metal.

On the other hand, the metal used for Blade 2 was completely melted and sufficiently superheated. Therefore, the inclusions of the bloomery slag flowed out to the surface of the steel ingot.

What still merits an explanation is the presence of the large non-metallic inclusion which appeared at the back of both blades and was surrounded by a distinct zone of decarburization. Investigators who have previously examined Damascene swords have paid no attention to this type of inclusion,

No differences were observed in the position of the Fe α line which would indicate a change in the base lattice.

Chemical Analysis

The content of phosphorus in both swords was determined by means of a quantitative photometric chemical analysis, whereas that of nickel, manganese, and copper was determined by an atomic absorption analysis.

A spectrographic qualitative analysis was also carried out using the spectrograph ISP 22 and arc excitation between the two test pieces.

The results of the quantitative and qualitative chemical analyses of Blades 1 and 2 are given in Table 6. The elements revealed by the spectographic qualitative analysis are marked with "+".

X-ray Microanalysis

X-ray microanalysis was also carried out at two points of each of the examined blades, namely the edge and the back. The examinations were made using the electron microprobe analyser "Cameca", Type M846-DLC.

The observations showed that in the back part of Blade no. 1, exactly where the large non-metallic inclusion was present, there was a rapid decrease in Fe content in the metal (Fig. 26); at the same time, an increase in the content of Al and Ca was noted (Figs. 27 and 28 respectively) which means that the inclusion contains large amounts of these elements.

Analysis of the distribution of Cr, Cu, Mg, Mo, Ti, and probably also Co, gave a value (number of impulses) at the level of the background, and so, no presence of these elements was indicated. On the other hand, the results obtained for Mn and P were slightly above the background, which corresponds to the results of the quantitative chemical analysis.

A value above the background was also observed in the case of As, the content of this element in the non-metallic inclusion being lower (probably at the level of the background) (Fig. 29).

Similar results were obtained for the metal at the edge of Blade 1, except that no changes in the content of Fe, Al, Ca, etc., observed in the back part of the sword, were noticed here.

Analyses of Blade 2 made at the edge and back of the sword, but excluding the spot where the large non-metallic inclusion occurred, gave the number of impulses for Al, As, Cr, Mo, Ni, Si, Ti, V, at the level of the background. This means that no presence of these elements was observed. A value slightly above the background level was obtained for Mn and P, and probably also for Co (Fig. 30).

in the distribution of this element in a sorbitic matrix, which was further confirmed by the presence of light and dark strips in the specimen etched with Oberhoffer's reagent (Fig. 21).

Examination of the Structure under the Electron Microscope

The structure was also examined under the electron microscope Tesla BS613. Examinations were carried out using replicas shaded with Cr and then sprinkled with powdered carbon.

The structure of Blade 1 revealed under the electron microscope is shown in Figs. 22-24. Apart from large grains of cementite, the matrix included some small precipitations of carbides (cementite).

Similar structure was observed under the electron microscope in Blade 2 (Fig. 25).

The differences between the structural images of the two blades are probably caused by a greater refinement of carbides (and hence, also by a more sophisticated "Damascene" pattern) in Blade 2.

Determination of Microhardness of Structural Constituents and Hardness of Metal

Microhardness of structural constituents was determined for both blades. Tests were carried out using a Hanemann microhardness tester and loading of 50 g applied for 15 seconds. Each result is a mean of five measurements.

The results of the measurements of microhardness of the structural constituents in Blades 1 and 2 are given in Table 3.

In some cases, Vickers hardness was also measured, applying a loading of 30 kg for 15 seconds. Each result is a mean of two measurements.

The results of the measurements of Blades 1 and 2 are given in Table 4.

X-ray Diffraction Analysis

X-ray diffraction analysis of Blades 1 and 2 was made by means of a photographic method, using the apparatus VEM TUR M60. Filtered rays of a cobalt-anode tube were applied, together with a ϕ 114.8 mm photographic camera which made it possible to carry out the X-ray diffraction analysis on a solid specimen. The time of exposure on X-Ray Structuric Film Ceaverken (Sweden) was two hours.

The results of the measurements of the Brag's angle and the interplanar distance for particular spectral lines, obtained for both blades, are given in Table 5. On the basis of these examinations it was concluded that the structure is composed of iron Fe α (this spectrum is given by sorbite) and cementite Fe_3C (carbides).

Observations under large magnification revealed that carbide strips (cementite) are composed of spheroidal grains in a sorbitic matrix (Figs. 7 and 8).

This structure was also noticed in the edge part of Blade 1 (Fig. 9) and near the surface (Fig. 10). Light strips of the spheroidal cementite appear in the form of light bands and are visible with the naked eye on the surface of the sword.

The above described structure also appears in the immediate vicinity of the slag inclusions (Fig. 11). On the other hand, it is quite different near the large non-metallic inclusion observed in the edge part of Sword 1. In the immediate vicinity of this inclusion ferritic structure shows, and as the distance from the inclusion increases, the content of sorbite also increases. Only at a distance of about 0.3-0.5 mm do some carbides appear (Figs. 12 and 13). The changes in the structure point to the fact that near the large non-metallic inclusion in the back part of the blade some decarburization must have taken place, most obviously when the said inclusion was formed, which could occur only during the process of melting the metal.

To reveal the distribution of phosphorus in the metal, the specimen cut from Blade 1 was etched with Oberhoffer's reagent, which resulted in a darkening of the spots in the metal characterized by a lower content of phosphorus. As can be seen in Fig. 14, the sorbitic matrix contained less phosphorus, and the distribution of this element in the matrix was quite uniform.

An uneven distribution of phosphorus appeared in the ferritic matrix near the large non-metallic inclusion in the back part of Sword 1 (Fig. 15).

Similar structure was also encountered in Blade 2. On the whole of the blade cross-section, and also near the surface, there appear some strips of carbides in the sorbitic matrix (Figs. 16 and 17), the said carbides being much finer than in Blade 1.

Carbon content in the metal was similar to that in Blade 1 and, judging from the structure, its amount was determined as approximately 1.5% C.

In the back part of Blade 2 there was also a large non-metallic inclusion with surrounding decarburization zone and a ferritic structure. As the distance from the inclusion increases, some grains of sorbite appear (Fig. 18), followed by a purely sorbitic matrix (Fig. 19). At a distance of about 0.3 mm some precipitations of carbides (cementite) occur.

There are a few small inclusions of the slag in the metal similar to those encountered in ingot steel.

Figure 20 shows the distribution of phosphorus on the cross-section of Blade 2 after etching with Oberhoffer's reagent. It is quite uniform, although observations made under large magnification revealed some differences

bitic matrix. In one of the swords some precipitations of temper carbon were also present. Their formation is due to the decomposition of carbides during the process of soaking the sword.

Description of Two Fragments of the Examined Blades

Two fragments of the Damascene steel blades, obtained by the author in Damascus, were examined. These were the first blades examined from this territory. Other investigators, who carried out similar investigations, examined blades of unknown origin from West-European collections.

The fragment of Blade 1 is about 20 mm long, about 42 mm wide, the thickness of the back being about 4.2 mm. After polishing and etching for 25 minutes with a 4% alcohol solution of nitric acid (Nital), a pattern appeared on the surface of the blade (Fig. 1) which–according to the author's classification–should be defined as highly wavy, with whitish strips of medium thickness against a dark background.

Blade 2 was the tip of a sword about 82 mm long, about 10 mm wide, and with a thickness at the back part amounting to about 3.2 mm. After polishing and etching for 25 minutes with a 4% alcohol solution of nitric acid a pattern appeared on the surface of the blade (Fig. 2) which—according to the author's classification—should be defined as slightly wavy with whitish thin strips against a dark-grey background [3].

Examination of the Structure under the Metallographic Microscope

To determine the structure of Blades 1 and 2 metallographic examinations were carried out on the cross-section of the blades.

Examination of the specimen cut out of the unetched Blade 1 revealed the existence of numerous slag inclusions typical of bloomery iron. The inclusions were of an even black colour, Type A in the author's classification [17] (Fig. 3). Their length was about 0.04 mm.

In the back part of Blade 1 there is a large non-metallic inclusion (slag ?). It is about 3.5 mm long and of a more complex structure. The beginning of this inclusion near the very surface of the back of the sword is shown in Fig. 4.

The whole of this non-metallic inclusion can be seen in Fig. 5 which shows the back part of Blade 1 after Nital etching.

The structure of Blade 1 is very uniform, and composed of light-coloured carbide strips (cementite) against a dark background (Fig. 6).

Basing the estimate on the amount of cementite, it is possible to conclude that the approximate content of carbon in the steel is 1.5% C.

ting in various localities. Some ingots were produced in Islamic countries such as Syria and Iran from indigenous raw materials [2]. Others were made in India, and to these Indian ingots the term "wootz" came to be applied. The word is used with this meaning in this paper. During the nineteenth century many investigators directed their attention to the examination of Indian wootz steel, from which some Damascene swords were made. However, the first metallographic investigations of Damascene steel were carried out on Persian and Indian swords by the Russian metallurgist N. T. Bielajev [4, 5, 6]. He determined the chemical composition and structure of the metal. The examinations revealed that Damascene steel is a steel of high carbon content (See Table 1). In its structure iron carbides (cementite) in the form of spheroids are observed.

Much earlier, G. Pearson [7], D. Mushet [8], M. Faraday [9], and H. de Luynes [10], had attempted to examine some ingots made of the Indian steel (wootz). However, the technique of making chemical analyses was not sufficiently well developed to enable correct results.

The correct analysis of the Wootz was published by T. M. Henry [11], whereas M. Bouis [12] tried to determine the nitrogen content.

Metallographic examinations of two daggers and four sabres made of Damascene steel were published by B. Zschokke [13]. The results of the chemical analysis (Table 1) and metallographic examinations of the blades resembled those obtained by N. T. Bielajev.

Nevertheless, it should be stressed that in one of the blades (Sabre 5) the content of carbon was considerably lower, and the structure contained strips of ferrite and sorbite; there were no precipitations of carbides. Thus, it was the soft Damascene steel, one of the two possible types of this steel. The present author recognized these two types of Damascene steel, basing his decision on the equilibrium diagram for iron-carbon alloys [1, 14].

B. Zschokke [13] carried out measurements of the Brinell hardness and bending strength, using specimens of dimensions $6 \times 35 \times 75$ mm, cut out of a blade. The results of the bending test and hardness measurements are given in Table 2.

H. Maryon [15] presented his observations on the structure of one Damascene dagger. The structure, typical of the hard variety of Damascene steel, included spheroidized precipitations of carbides (cementite) against a sorbitic background.

Further, two swords made of the hard Damascene steel were examined by C. Panseri [16]. He made a chemical analysis (Table 1), and examined the structure under the metallographic microscope (magnification 200-500 ×), and under the electron microscope (magnification 600 ×). The structure of these swords included strips of spheroidal cementite precipitations in a sor-

Metallographic Examination of Two Damascene Steel Blades

JERZY PIASKOWSKI*

Damascene steel is one of the greatest achievements of early metallurgy. The smelting and processing of this steel was highly complicated, as well as the process of revealing a typical pattern on the steel surface. Therefore, high skill was required of the artisans who smelted the metal and produced steel objects, especially swords [1]**.

For a long time, Damascene steel swords have been admired and desired by connoisseurs and collectors. They also aroused the interest of metallurgists, who commenced investigations aiming at a recognition and evaluation of the type of metal and the process of manufacture.

In spite of the fact that the examinations of Damascene steel swords were started long ago, the number of swords subjected to metallographic examination has been small, including up until now, only ten objects. To carry out these examinations it is necessary to cut out a specimen, and thus to damage the precious sword. Hence, only a few possessors of the weapons consent to such mutilations.

The author of this paper participated in the First International Symposium of the History of Arabic Science (Aleppo, 5-12th April, 1976) and thanks to help given by the General Director of the Museum of the Armed Forces, Col. Adnan al-Abrache, obtained a fragment each from two blades of Damascene steel. The first fragment was presented by the Damascene antique dealer ᶜAbd al-Sattār Balᶜūt, the second by Sulayman Kāka who, like his brother Mustapha Kāka, knows how to convert old damaged swords into small, gold-inlaid knives.

These two fragments of the blades were subjected to metallographic examination applying the methods used in modern laboratories. The results are described in this paper preceded by a short summary of previous studies of Damascene steel weapons.

Review of Previous Examinations of Damascene Steel

For centuries Damascene swords were forged from steel ingots origina-

* 30-427 Krakow, Ul-Zywiecka 40/12, Poland.

** Here and in the sequel, numbers enclosed in square brackets are references to items in the bibliography at the end of the paper.

Journal
for the History of Arabic Science

JOURNAL FOR THE HISTORY OF ARABIC SCIENCE

Published bi-annually, Spring and Fall, by the Institute for the History of Arabic Science (IHAS).

Manuscripts and all editorial material should be sent in duplicate to the Institute for the History of Arabic Science (IHAS), University of Aleppo, Aleppo, Syria.

All other correspondence concerning subscription, advertising and business matters should also be addressed to the Institute (IHAS).

Annual subscription: surface mail, 25.00 L.S. or $6.00
registered air mail, 42.00 L.S. or $10.00

Single issue: surface mail, 15.00 L.S. or $4.00
registered air mail, 25.00 L.S. or $6.00

Printed in Syria
Aleppo University Press

JOURNAL for the HISTORY of ARABIC SCIENCE

2
1
1978



مجلة تاريخ العلوم العربية

Institute for the History of Arabic Science
University of Aleppo
Aleppo - Syria

